

# 生物多样性与人类未来

BIOLOGICAL DIVERSITY AND THE FUTURE OF HUMAN BEINGS

第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集

Proceedings of the Second National Symposium on  
the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity

中国科学院生物多样性委员会

Biodiversity Committee, the Chinese Academy of Sciences

林业部野生动物和森林植物保护司

Department for Wildlife and Forest Plants Protection, the Ministry of Forestry

国家环保局自然保护司

Department of Natural Conservation, National Environmental Protection Agency

中国农业科学院

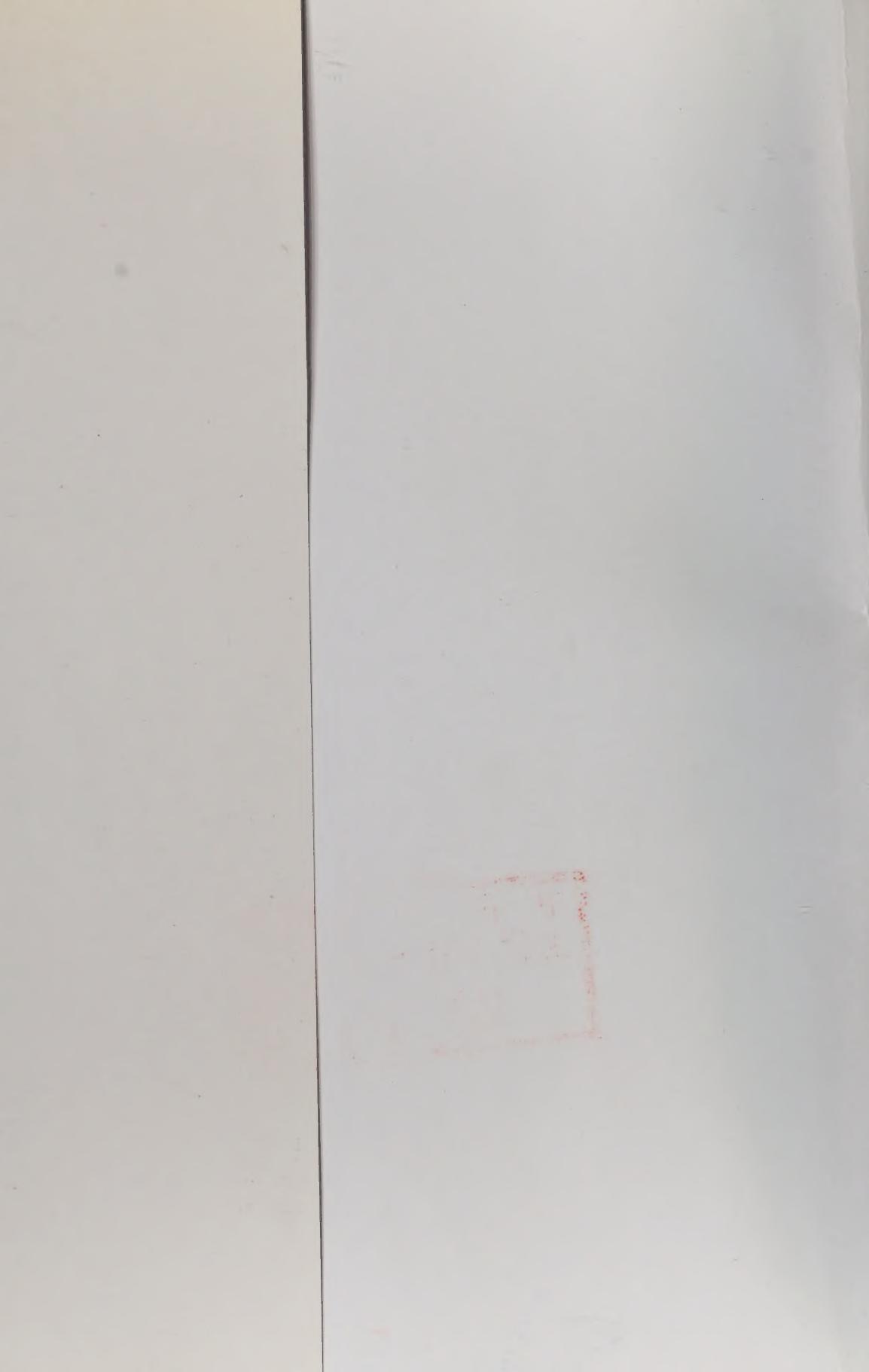
The Chinese Academy of Agricultural Sciences

国家教委科技司

Department of Science and Technology, State Education Commission



中国林业出版社



58.181

141

生物多样性与人类未来

# 生物多样性与人类未来

BIOLOGICAL DIVERSITY AND THE FUTURE OF HUMAN BEINGS

第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集

Proceedings of the Second National Symposium on  
the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity

中国科学院生物多样性委员会

Biodiversity Committee, the Chinese Academy of Sciences

林业部野生动物和森林植物保护司

Department for Wildlife and Forest Plants Protection, the Ministry of Forestry

国家环保局自然保护司

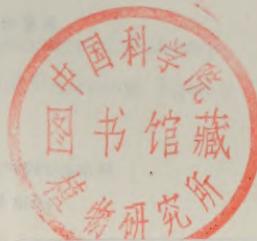
Department of Natural Conservation, National Environmental Protection Agency

中国农业科学院

The Chinese Academy of Agricultural Sciences

国家教委科技司

Department of Science and Technology, State Education Commission



中国林业出版社

1998

26911

中科院植物所图书馆



S0015501

## 图书在版编目 (CIP) 数据

生物多样性与人类未来/中国科学院生物多样性委员会，林业部野生动物和森林植物保护司，国家环保局自然保护司，中国农业科学院，国家教委科技司编. —北京：中国林业出版社，1998.9

ISBN 7-5038-2110-8

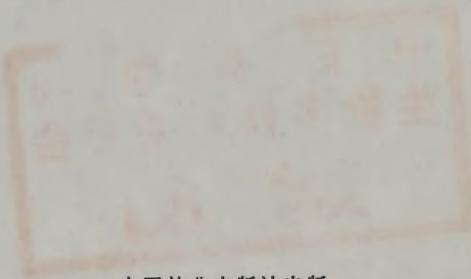
I. 生…

II. ①中…②林…③国…④中…⑤国…

III. ①生物多样性-资源保护-中国-文集②生物多样性-资源利用-中国-文集

IV. Q92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 25889 号



中国林业出版社出版

北京西城区刘海胡同 7 号 邮政编码：100009

天津新蕾印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

\* \* \*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：30 字数：750 千字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

印数：1—1000 定价：80.00 元

## 编辑委员会

主编：陈宜瑜

副主编：(依姓氏拼音为序)

陈人杰 马克平(常务) 佟凤勤 王 刚 谢焕忠 杨朝飞

委员：(依姓氏拼音为序)

陈昌笃	陈家宽	陈人杰	陈宜瑜	陈幼春	董玉琛
高贤明	侯向阳	雷忠良	李 博	马克平	钱迎倩
孙雪峰	佟凤勤	王 捷	王 刚	王 伟	王祖望
谢焕忠	许再富	严 旬	杨朝飞	张新时	朱广庆

主持单位：中国科学院生物多样性委员会

林业部野生动物和森林植物保护司

国家环保局自然保护司

中国农业科学院

国家教委科技司

## Editorial Board

**Editor-in-Chief:** Chen Yi-yu

**Vice-Editor-in-Chief:** Chen Ren-jie Ma Ke-ping (executive editor) Tong Feng-qin Wang Ren  
Xie Huan-zhong Yang Chao-fei

<b>Members:</b>	Chen Chang-du	Chen Jia-kuan	Chen Ren-jie
	Chen Yi-yu	Chen You-chun	Dong Yu-chen
	Gao Xian-ming	Hou Xiang-yang	Lei Zhong-liang
	Li Bo	Ma Ke-ping	Qian Ying-qian
	Sun Xue-feng	Tong Feng-qin	Wang Jie
	Wang Ren	Wang Wei	Wang Zu-wang
	Xie Huan-zhong	Xu Zai-fu	Yan Xun
	Yang Chao-fei	Zhang Xin-shi	Zhu Guang-qing

### Responsible Institutions:

Biodiversity Committee, the Chinese Academy of Sciences

Department for Wildlife and Forest Plants Protection, the Ministry of Forestry

Department of Natural Conservation, National Environmental Protection Agency

The Chinese Academy of Agricultural Sciences

Department of Science and Technology, State Education Commission

**责任编辑：**赵丽惠

**正文设计：**林 林



## 前　　言

生物多样性保护与持续利用已成为国际社会和各国政府普遍关注的热点。在我国各有关部门的组织和推动下，生物多样性保护与持续利用的研究和实践正在全国范围内广泛地开展。我国政府积极履行《生物多样性公约》，制订了《中国生物多样性保护行动计划》，并于1994年6月14日正式发布实施；《中国生物多样性国情报告》也即将完成。八五期间在国家有关部门的支持下，“生物多样性保护与持续利用的生物学基础”、“中国生物多样性保护生态学的基础研究”和“中国主要濒危植物的保护生物学研究”等生物多样性方面的重大项目已经或即将结题。全球环境基金（GEF）、世界银行和联合国环境规划署等国际组织和机构也分别对中国的自然保护区管理、生物多样性研究和培训以及生物多样性信息系统建立的前期研究等以赠款或软贷款等形式予以资助。这些活动的开展，极大地促进了我国生物多样性领域的工作，特别是自1994年首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会以来，我国在这一领域又取得了重要的进展。为展示研究成果，交流实践经验和体会，增进科研人员和管理人员的联系，加速科技成果的转化，促进我国的生物多样性保护与持续利用工作，由中国科学院生物多样性委员会和林业部野生动物和森林植物保护司发起，联合国家环保局自然保护司、中国农业科学院和国家教育委员会科技司共同组织召开第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会。这项活动得到了有关领导和广大的生物多样性保护与持续利用及其相关领域的研究和管理人员的大力支持和积极响应，使得会议开得很成功，达到了预期目的。会后组成的编辑委员会，在“论文摘要汇编”和会议报告的基础上选编了本论文集。本文集共收入学术论文69篇，大会讲话6篇和4个附录。在编辑过程中，本着“百花齐放，百家争鸣”，文责自负的原则，充分尊重作者意见，以便比较全面、客观地反映我国生物多样性保护与持续利用领域的最新进展。

中国科学院植物所杨亲二研究员和高贤明博士为本文集的编辑付出了艰辛的劳动，本文集5个主持单位的有关领导和专家大力支持，在此文集即将付梓之际，谨向他（她）们表示诚挚的谢意。

由于时间仓促，内容广泛，可能会有很多不尽如人意之处，热切欢迎各位专家、学者和同行朋友提出宝贵的意见。

本书编委会

1997年11月20日



# 目 录

## 大会讲话

开幕词 .....	王志宝 (1)
《生物多样性公约》的履行与面临的任务 .....	杨朝飞 (3)
在第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会上的讲话 .....	王韧 (11)
在第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会上的讲话 .....	陈冬生 (12)
在第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会上的讲话 .....	佟凤勤 (14)
闭幕词 .....	陈宜瑜 (15)

## 遗传多样性

遗传多样性的定义、研究新进展和新概念 .....	胡志昂, 王洪新 (19)
中国作物野生近缘植物及其保护 .....	董玉琛等 (24)
新疆杂草黑麦的遗传多样性 .....	陆峻峰 (31)
山葡萄种质资源主要经济性状的研究现状及其展望 .....	葛玉香等 (37)
贵州矮杨梅植物资源的多样性及种质保存试验 .....	刘宁, 李正芬 (43)
中国麋鹿的移地保护与遗传多样性现状 .....	张林源等 (48)
从植物蜕皮激素看植物次生代谢产物的多样性 .....	邱明华 (54)
动物遗传多样性的检测方法 .....	宿兵, 张亚平 (63)
分子生物学技术在遗传多样性研究中的应用 .....	何文珊, 陆键键 (68)

## 物种多样性

一些荒漠植物濒危原因的剖析及其保护对策 .....	黄培佑等 (77)
杭州石荠苎 ( <i>Mosla hangchowensis</i> ) 种子生产过程的研究 .....	葛滢等 (81)
杭州石荠苎生长和生殖对光强的反应 .....	葛滢等 (86)
濒危植物银杉的种子吸水过程与萌发特征 .....	李庆梅, 谢宗强 (91)
八大公山珍稀濒危树种的种间联结及其迁地保护混交树种选择的研究 .....	熊四清等 (95)
三峡特有植物荷叶铁线蕨 ( <i>Adiantum reniforme</i> var. <i>sinense</i> ) 生境特征的初步研究 .....	沈泽昊等 (104)
滇东南的珍稀濒危植物及其自然保护研究 .....	陆树刚等 (109)
我国柽柳科植物的多样性及其保护对策 .....	潘伯荣 (114)
中国特有植物永瓣藤濒危原因及保护对策研究 .....	谢国文 (123)
广西大明山蕨类植物多样性研究 .....	和太平等 (130)
河北雾灵山植物区系分析 .....	胡东等 (137)
对百山祖冷杉的现在、过去和未来趋势的初步探讨 .....	孔昭宸等 (141)
从四川西南部冕宁县中全新世古森林探讨生物多样性变化 .....	刘和林, 李承彪 (145)

朱鹮空间动态的种群生存力分析模型 IBIS 的建立	李欣海, 李典謨 (150)
西藏珠穆朗玛自然保护区野生动物状况与保护	陈耘, 张林源 (155)
北京东灵山地表大型真菌及其分布	黄永青等 (161)
植物种群的构件理论与实践	孙书存, 陈灵芝 (175)
中国沿岸捕鲨渔业及其对鲨种群的影响	杨光等 (185)
中华秋沙鸭在黑龙江省的现状及其保护	刘伯文等 (194)
海南南湾半岛蝴蝶生物多样性	黄文忠等 (199)
三亚鹿回头岸礁造礁石珊瑚移植的初步研究	于登攀等 (205)
纤维素酶产生菌的多样性	平文祥等 (210)
中国牧草根瘤菌生物多样性的收集、保藏、评价及利用	宁国贊等 (218)
Metapopulation 的概念及其在植物种群生态学中的应用 (II) 异质种群理论对 植物种群生态学研究工作的影响	叶万辉等 (224)
全球性的变暖怎样影响物种生存	刘玉明 (229)

### 生态系统多样性

片断热带雨林的“岛屿效应”与物种多样性消长规律研究	许再富等 (237)
秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究 I. 演替系列的群落基本特征 及其生活型谱分析	高贤明等 (253)
乌江流域喀斯特生态系统生物多样性与流域梯级开发的相关变化效应研究	李久林, 苏维词 (260)
洪河自然保护区草地植物种类组成与生态系统多样性	倪红伟等 (265)
东灵山主要群落类型的植物生活型谱和区系谱的主成分分析	贺军钊等 (269)
北京东灵山地区辽东栎幼林与成熟林物种多样性的比较研究	王巍等 (275)
昆嵛山主要林型土壤种子库及幼苗分布特点	朱建中等 (282)
土壤种子库与植被的关系	王巍等 (288)
长山西部阔叶红松林早春阶段草本植物物种多样性的研究	赵秀海等 (293)
毗邻天然林的人工林生物多样性研究	孟庆繁等 (297)
河南省连康山自然保护区植被类型的研究	高贤明等 (302)
片断化生境的特点及对生态系统过程的影响	桑卫国等 (309)
群落最小面积的概念及其确定方法	刘灿然等 (316)
生物多样性保育和全球变化研究中的陆地生物群区类型	倪健, 张新时 (323)
福建武平帽天米槠林皆伐火烧后物种多样性变化的研究	游水生等 (339)
湿地生物多样性保护与对策	于砚民 (345)
鸭绿江口滨海湿地自然保护区保护价值的研究	曹仁江 (351)
鸭绿江口滨海湿地自然保护区生物多样性及其建设的研究	董志刚, 魏春 (354)
辽宁双台河口国家级自然保护区建设与生物多样性的就地保护	杨福林等 (358)
辽宁省的生物多样性保护与持续利用	邱英杰 (365)
天津物种多样性现状及丧失原因分析	董洁, 唐廷贵 (370)
福建省生物多样性现状及其保护	肖方楚 (375)

- 
- 陕西米仓山南坡植物优势种群特征及多样性分析 ..... 刘静艳, 黄英姿 (378)  
板栗与真菌共生体的多样性及协同进化 ..... 秦岭等 (384)  
恢复生态学与生物多样性保护 ..... 于长青等 (388)

### 生物多样性信息管理

- 计算机新技术在生物多样性信息系统中的应用前景 ..... 夏经世, 伍玉明 (395)  
关于生物多样性信息系统的问题与建议 I 研究与技术 ..... 蔡淇松 (400)  
生物多样性信息管理数据库的建立和应用 ..... 朱建国, 何远辉 (406)  
基于 GIS 的生物多样性信息系统的应用 ..... 王斌等 (416)  
中国农作物遗传多样性信息管理系统 ..... 张贤珍等 (423)  
中国微生物数据库及其资源网络共享 ..... 马俊才等 (429)  
中国动物分类代码的制定 ..... 伍玉明, 夏经世 (434)  
武汉植物园药用植物专类园数据库 ..... 刘忠义等 (438)  
NUTAS 系统——一个植物数量分类研究的自动生成系统 ..... 潘孝铭 (445)  
海洋生物分类数据录入质量控制的一种方法 ..... 陈虹勋, 蔡淇松 (449)

### 附录

1. 会议纪要 ..... (455)  
2. 作者索引 ..... (457)  
3. 与会代表名单 ..... (459)  
4. 国内近年出版的生物多样性方面的书籍简介 ..... (463)

## CONTENT

### SPEECHES AT THE GENERAL MEETING

Opening Address .....	Wang Zhibao (1)
Welcome Address from Nature Conservation Department of National Environment Protection Agency .....	Yang Chaofei (3)
Welcome Address from the Chinese Academy of Agricultural Sciences .....	Wang Ren (11)
Welcome Address from State Education Commission, Department of Sciences and Technology .....	Chen Dongsheng (12)
Welcome Address from Bureau of Science and Technology for Resources and Environment, Chinese Academy of Sciences .....	Tong Fengqin (14)
Closing Address .....	Chen Yiyu (15)

### GENETIC DIVERSITY

Definitions, Progress and New Concept of Genetic Diversity .....	Hu Zhiang and Wang Hongxin (19)
Wild Relatives of Crops and Their Protection in China .....	Dong Yuchen and Liu Xu (24)
Genetic Diversity of <i>Secale cereale</i> Subsp. <i>segetale</i> from Xinjiang .....	Lu Junjun etc. (31)
Vistas in the Research of the Major Economic Characters of the Germplasm Resources of <i>Vitis amurensis</i> .....	Ge Yuxiang etc. (37)
Germplasm Resource of <i>Myrica nana</i> in Guizhou Province and its Conservation .....	Liu Ning and Li Zhenfen (43)
Ex situ Protection and Genetic Diversity of Chinese Milu ( <i>Elaphurus davidianus</i> ) .....	Zhang Linyuan etc. (48)
Exploring the Diversity of Plant Secondary Metabolic Products from Phytoecdysones .....	Qiu Minghua (54)
Measurement Methods for Genetic Diversity of Animals .....	Su Bing and Zhang Yaping (63)
Molecular Biotechniques Used in the Researches of Genetic Diversity .....	He Wenshan and Lu Jianjian (68)

### SPECIES DIVERSITY

Studies on the Reason of the Endangerment and Conservation .....	
Strategy of Some Desert Plants .....	Huang Peiyou etc. (77)
A study on the Process of Seed Production of <i>Mosla hangchowensis</i> .....	Ge Ying etc. (81)
Effects of Light Intensity on <i>Mosla hangchowensis</i> .....	Ge Ying etc. (86)
The water Absorption and Germination of Seeds of the Endangered	

Plant <i>Cathaya argyrophylla</i> .....	<i>Li Qingmei and Xie Zongqiang</i> (91)	
A Study on the Interspecific Association and Selection of the		
Trees in the Mixed Stand for the <i>Ex Situ</i> Conservation of Five Rare and		
Endangered Species in the Badagongshan Mountain .....	<i>Xiong Siqing etc.</i> (95)	
A Preliminary Study on the Habitat Attributes of <i>Adiantum reniforme</i> var.		
<i>sinense</i> , An Endangered species of the Three Gorge Region .....	<i>Shen Zehao etc.</i> (104)	
The Rare and Endangered Plants and Their Conservation in Southeast Yunnan		
.....	<i>Lu Shugang etc.</i> (109)	
The Diversity of the Tamaricaceae in China and Its Conservation Strategy		
.....	<i>Pan Borong</i> (114)	
On the Cause of the Endangerment and Conservation Strategy of		
<i>Monimopetalum chinese</i> , A Species Endemic to China .....	<i>Xie Guowen</i> (123)	
A Study on the Diversity of the Pteridophytes in the Daming Mountain,		
Guangxi Province .....	<i>He Taiping etc.</i> (130)	
Studies on the Flora of Wulingshan Mountain .....		<i>Hu Dong etc.</i> (137)
Discussion on the Past and Present Situation and Future Trends of		
<i>Abies beshanzhuensis</i> .....	<i>Kong Zhaochen etc.</i> (141)	
A Study on a Paleoforest in Southwest Sichuan and its Change in Species Diversity		
.....	<i>Liu Helin and Li Chengbiao</i> (145)	
Ibis: A Model for Spatial Population Viability Analysis for		
the Crested Ibis ( <i>Nipponia Nippon</i> ) .....	<i>Li Xinhai and Li Dianmo</i> (150)	
Status and Protection of Wildlife in the Qumulongma Nature Reserve, Tibet		
.....	<i>Chen Yun and Zhang Linyuan</i> (155)	
Composition of Epigaeous Macrofungal Communities in the Dongling		
Mountain, Beijing .....	<i>Huang Yongqing etc.</i> (161)	
Modular Theory of Plant Population and Its Practice		
.....	<i>Sun Shucun and Chen Lingzhi</i> (175)	
Shark Fisheries in China and Its Impacts on Shark Populations .....		<i>Yang Guang etc.</i> (185)
The Current Status and Conservation of the Chinese merganser		
( <i>Mergus squamatus</i> ) in Heilongjiang Province, China .....	<i>Liu Bowen etc.</i> (194)	
Biodiversity of Butterflies in Nanwan Peninsula, Hainan .....		<i>Huang Wenzhong etc.</i> (199)
A Preliminary Study on Hermatypic Coral Transplantation on		
Luhuitou Fringing Reef, Sanya .....	<i>Yu Dengpan etc.</i> (205)	
Diversity of Cellulase—Producing Microorganisms .....		<i>Ping Wenxiang etc.</i> (210)
The Collection, Conservation, Assessment and Application of Biodiversity		
of the Chinese Fodder Rhizobia .....	<i>Ning Guozan etc.</i> (218)	
Metapopulation and Its Application on Plant Population Biology		
II . Application and Perspective .....	<i>Ye Wanhui etc.</i> (224)	
The Impact of Global Climatic Warming on Species Extinction .....		<i>Liu Yuming</i> (229)

## ECOSYSTEM DIVERSITY

- Studies on the "Island Effect" of Fragmented Tropical Rainforests  
and the Regularity of the Change of Species Diversity ..... Xu Zaifu etc. (237)
- Ecological Studies on the Plant Community Succession on the Abandoned farm  
Land in Taibaishan, Qinling Mountains I . The Basic Features and  
Life-form spectra of the successional Series ..... Gao Xianming etc. (253)
- Effects of the Step-By-Step Exploitation of the Wujiang Karst Valley on the  
Ecosystem Biodiversity ..... Li Jiulin and Shu Weichi (260)
- A Study on the Ecosystem Diversity and the Flora of Grassland Plants in the  
Honghe Nature Reserve ..... Ni Hongwei etc. (265)
- Quantitative Analysis of 21 Plant Communities in the Dongling  
Mountain, Beijing ..... He Junzhao etc. (269)
- The Species Diversity of Mature and Immature Forests of *Quercus*  
*liaotungensis* in Dongling Mountain, Beijing ..... Wang Wei etc. (275)
- The Soil Seed Bank Characteristics and Seedlings Distribution of the  
Dominant Forest Types on Kunyu Mountain ..... Zhu Jianzhong etc. (282)
- The Relationship of the Soil Seed Bank and Vegetation ..... Wang Wei etc. (288)
- Species Diversity of Early Spring Herbs in Broad-Leaved Korean Pine  
Forest in West Changbai Mountain ..... Zhao Xiuhai etc. (293)
- Study on Biodiversity of Plantations Adjacent to Natural Forests  
..... Meng Qingfan etc. (297)
- A Study on the Vegetation Types of the Liankangshan Nature Reserve,  
Henan Province ..... Gao Xianming etc. (302)
- Features of Fragmented Habitats and Their Effects on Ecosystem Processes  
..... Sang Weiguo etc. (309)
- Concepts of Community Minimun Areas and Their Determination Methods  
..... Liu Canran etc. (316)
- Terrestrial Biome Types for Biodiversity Conservation and  
Global Change Studies ..... Ni Jian and Zhang Xishi (323)
- The Diversity Changes of Natural *Castanopsis Carlesii* Form. After  
Being Blankly Cut and Burned ..... You Shuishen etc. (339)
- Wetland Biodiversity and Strategies for the Management of Wetland Ecosystems  
..... Yu Yanming etc. (345)
- On the Significance of the Conservation of the Coastal Wetland  
Nature Reserve at the Mouth of the YaluJiang River ..... Cao Renjiang (351)
- A study on the Biodiversity and the Construction of the Nature Reserve of the Coastal  
Wetland at the Mouth of the Yalujiang River ..... Dong Zhigang and Wei Chun (354)
- Biodiversity Conservation in the Shuangtaihekou National Nature Reserve,

Liaoning Province, China .....	Yang Fulin etc. (358)
On the Conservation and Sustainable use of the Biodiversity in Liaoning Province .....	Qiu Yingjie (365)
The Present Situation of the Species Diversity in Tianjin and the Reasons of Its Loss .....	Dong Jie and Tang Tinggui (370)
Present Situation and Conservation of Biodiversity in Fujian Province .....	Xiao Fangye (375)
An Analysis of the Characteristics of the Dominant Populations and the Community Diversity on the Southern Slope of the Micanshan Mountain, Shanxi .....	Liu Jingyan and Huang Yingzi (378)
The Diversity and Coevolution in Chestnut-Symbiosis Fungi .....	Qin Ling etc. (384)
Restoration Ecology and Biodiversity Conservation .....	Yu Changqing etc. (388)

## **BIODIVERSITY INFORMATION MANAGEMENT**

A Perspective of Application of New Computer Technology in the Biodiversity Information System .....	Xia Jingshi and Wu Yuming (395)
Problems in Biological Diversity Information System and Some Suggestions I . Study and Technique .....	Cai Qisong (400)
The Design of Biodiversity Information Database Management System and Its Application .....	Zhu Jianguo and He Yuanhui (406)
The Design of Gis-Based Information System for Biodiversity .....	Wang Bin etc. (416)
Crop Genetic Diversity Information Management System in China .....	Zhang Xianzhen etc. (423)
The Microbial Resources Database of China .....	Ma Juncai etc. (429)
The Design of Taxonomic Codes of the Chinese Fauna .....	Wu Yuming and Xia Jingshi (434)
The Database of the Medical Plants in Wuhan Botanical Garden .....	Liu Zhongyi etc. (438)
Nutas-An Auto-Production System of Numerical Taxonomy of Plants ... Pan Xiaoming (445)	
A Method to Control the Input Data Quality in Database of Marine Biological Classification .....	Chen Hongxun and Cai Qisong (449)

## **APENDICES**

A Summary for the Symposium .....	(455)
The Author Index .....	(457)
The Participants of the Symposium .....	(459)
A Brief Introduction to Publication on Biodiversity in China .....	(463)



# 大 会 讲 话



## 第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会开幕词

王志宝

(中华人民共和国林业部,北京 100714)

各位来宾、各位专家学者、女士们、先生们：

今天，第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会在京隆重开幕了，这是继第一届全国生物多样性保护与持续利用研讨会之后的又一次全国生物多样性保护盛会，请允许我代表林业部向本次大会的召开表示热烈的祝贺，向来自各方的朋友们表示热烈的欢迎，向为会议筹备工作作出辛勤努力的中科院的同仁们表示衷心的感谢和亲切的问候。

生物多样性是地球上生命经过几十亿年发展进化的结果，是人类社会赖以生存和发展的物质基础，它们的未知潜力为人类的生存发展显示了不可估量的美好前景。然而，由于全球人口的增长和人类活动引起的生物资源不合理利用及环境变化，生物多样性正以前所未有的速度在遭受破坏，许多物种已经或正逐渐从地球上消失，这一问题已引起国际社会的广泛关注，我国政府也把保护环境作为一项基本国策贯彻实施，《中国 21 世纪议程》把生物多样性保护和持续利用列入了优先项目行动计划，《国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标》也明确把对自然资源的可持续利用作为今后国家发展的一项战略措施。保护生物多样性具有全球意义，特别对于中国这样一个大国更是如此，因此我国政府积极参与国际社会的生物多样性保护行动，签署了《生物多样性公约》《湿地公约》《濒危野生动植物国际贸易公约》《联合国防治荒漠化公约》等国际公约。

我们林业部作为全国自然资源管理的主要部门，代表中国政府牵头执行上述大多数国际公约的履约协调工作，并且在国内野生动植物保护管理方面作出了极大的努力，在各有关部门和专家的支持与配合下，全国林业系统目前已建保护区 574 处，其中国家级保护区 74 处，这些保护区的建立，为生物多样性的就地保护作出了不可估量的贡献；除此之外，我们还积极启动实施了大熊猫、野马、高鼻羚羊和扬子鳄等濒危物种拯救工程及三北防护林等全国森林生态建设工程，所有这些工程的实施，为全国生物多样性保护工作起到了积极的推动作用；生物多样性保护离不开全国性的统一行动和完善的法律法规体系，为此，我国政府制定并颁布了《野生动物保护法》《森林和野生动物类型自然保护区管理办法》等法律法规；目前，《植物保护条例》业已颁布实施，《中国湿地保护行动计划》的编制工作正进入最后汇编阶段，全国性的生物多样性保护法律法规体系正逐步形成。所有这些都极大地推进了中国生物多样性保护与持续利用的进程。回顾历史，我们取得了辉煌的成绩，展望未来，中国生物多样性保护与持续利用任重道远，我们应该总结经验，抓住机遇，百尺竿头更进一步。

同志们，朋友们，一个基因可能关系到一个国家的兴衰，一个物种可以影响到一个国家的经济命脉，一个生态系统可能改变一个地区的面貌。保护生物多样性就是保护人类自己。“第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会”为我们提供了一个相互交流、相互学习、统一思想、提高认识的好机会，希望大家团结协作，集思广益，携手共进，开拓进取，共同为我国生物多

样性保护与持续利用出谋划策,为了我们,为了我们的子孙万代,积极行动起来,开创我国生物多样性保护工作的新局面,以美好的生存环境迎接新世纪的到来。

最后,祝大家身体健康,工作顺利。

谢谢!

# 《生物多样性公约》的履行与面临的任务·

杨朝飞

(国家环境保护局自然保护司,北京 100035)

自 1992 年各国首脑在巴西里约热内卢签署《生物多样性公约》(以下简称《公约》)以来,生物多样性保护逐渐成为国际社会广泛关注的议题。随着《公约》于 1993 年 12 月正式生效,联合国环境规划署(UNEP)和各缔约国国家政府一直面临着如何有效和切实履行《公约》的问题。为此,UNEP 和《公约》秘书处在过去的 3 年中已主持召开三次《公约》缔约大会。包括刚刚在阿根廷首都布宜诺斯艾利斯结束的第三次《公约》缔约国大会。与此同时,还多次召开各种专家组会议、科技咨询附属机构会议以及若干非政府组织举办的生物多样性论坛。我想针对当前国际履约的热点问题,结合我国已有的履约工作,谈谈当前我国履约工作面临的任务和应采取的措施。

## 1. 国际履约的有关热点问题

近年来,国际生物多样性论坛十分活跃,但核心议题主要是围绕《生物多样性公约》中焦点条款的履行。根据三次缔约国会议和有关专家研讨会议的主题,主要有以下几个热点问题。

### 1.1 关于生物技术安全问题

生物技术是现代科学技术的重要组成部分,是当代最具活力和发展最为迅速的技术之一,生物技术的崛起和发展一方面满足了人类对生物资源日益增长的消费需求,另一方面也显示出对生态系统及人类的潜在危害,受到了人们的广泛关注,因此生物安全成为《公约》谈判和履行的一项重点内容。多数发展中国家认为,生物技术发展如此迅速,以致他们的国家尚没有能力针对生物技术改变活体的处理而立即采取有效的防护措施。因此,加强国家生物安全能力建设是发展中国家的最迫切需要之一。《生物多样性公约》(第 19 条第 3 款)特别提出,缔约国会议应切实考虑尽快拟订生物安全议定书。在 1995 年 11 月召开的雅加达第二次缔约国会议上专门为生物安全问题形成决议(II/5),确定为生物技术改变活体的安全转运、管理、转让和使用而制定议定书。与此同时,UNEP 也十分关注生物技术安全问题,组织起草了《国际生物技术安全技术准则(草案)》。1995 年 3 月~9 月,UNEP 分别主持召开了七个地区和亚地区的协调会议,对“准则草案”进行讨论和修改。在此基础上,于 1995 年 12 月在埃及开罗召开“《国际生物技术安全技术准则》(以下简称《准则》)的政府指定专家全球性协商会议”,对《准则》进行了最后定稿。该《准则》将作为一临时机制和技术文件,与将来的“生物安全议定书”互为补充。

1996 年,生物安全问题继续受到特别关注。7 月在丹麦召开“生物安全议定书”起草特设专家工作组会议;9 月在挪威召开的“科学、工艺和技术咨询附属机构第二届会议”也将生物安全列为主要议题;10 月底至 11 月初,UNEP 在布宜诺斯艾利斯召开《国际生物技术安全技术准则》的后续研讨会,回顾在过去一年中各国实施《准则》的进展;紧接着在同一地点召开的《公

约》第三次缔约国大会继续将生物安全列为会议主题之一。

### 1.2 关于科学技术合作资料交换所机制

科学技术性是《公约》的一个显著特点,由于各缔约国科技发展水平有很大的差异,随之在履行《公约》中就产生了许多的困难和分歧。为了促进缔约国之间能够协调一致地履行《公约》,《公约》认为有必要为此专门建立一种协助各国及有关国际组织交流信息,开展科学技术合作的机制。《公约》(第17条)要求缔约国便利有关生物多样性保护和持续利用的信息交流,并顾及发展中国家和特殊需要;《公约》(第18条)提出促进缔约国之间的科学、技术合作,并规定“缔约国会议应在第一次会议上确定如何设立交换机制以促进并便利科技合作”。1994年12月在巴哈马缔约国会议上各国代表对科学技术合作资料交换所机制建立的意义取得共识,并通过了建立该交换所机制的决议,目标是建成包括区域、亚区域和国家中心组成的开放型生物多样性信息网络。与此同时,UNEP一直致力于加强发展中国家生物多样性数据管理和信息网络能力建设,并利用GEF资金建立了生物多样性数据能力建设的项目计划(BDM),以促进国家之间数据和信息的交换。BDM项目的目标是通过数据库建设,进一步整理、编辑和补充由编制生物多样性国别研究报告过程而得到的各种信息和数据。评估各国在生物多样性数据管理的履约方面的需求,建立生物多样性信息获取、传送和更新的机制。加强数据管理技术和专家技能,建立国内和国际生物多样性信息网络,以促进《公约》下科学技术合作资料交换所机制的形成。目前,BDM项目正在一些国家进行试点。

### 1.3 关于森林、海洋和农业生物多样性保护与持续利用问题

森林、海洋和农业生物多样性保护与人类社会的生存与发展有着最直接的、千丝万缕的联系,同时也是生物多样性的重要领域,根据《公约》要求(第25条),在缔约国会议下成立了“科学、技术和工艺咨询附属机构”(SBSTTA),该机构于1995年9月在巴黎召开第一届会议;1996年9月在加拿大蒙特利尔召开第二届会议。SBSTTA在提交雅加达缔约国会议和布宜诺斯艾利斯缔约国会议的报告中提出加强森林、海洋和农业生物多样性保护的建议,建议调查森林生物多样性消减的主要原因,制订合理使用森林资源的原则及保护和持续利用的方法;建议加强海洋与沿海区域的综合管理,保护和持续利用海洋和沿海地区的生物多样性,敦促各国在《生物多样性公约》和其他相关法规(如《联合国海洋法公约》等)的基础上,加强海洋及沿海区域综合管理的立法。在雅加达缔约国会议上,部分发达国家据此提出要加强森林和海洋生物多样性保护,并建议为此成立专门的工作组。在阿根廷布宜诺斯艾利斯第三次缔约国会议上,森林生物多样性仍为主题之一,同时又将农业生物多样性保护列为主题,提出保护和持续利用遗传资源,特别是加强对农作物和家畜品种资源及渔业资源的保护和持续利用。

### 1.4 关于遗传资源取得和技术转让问题

遗传资源既是自然界为我们留下来的宝贵财富,也是人类寻求发展的物质基础,因此遗传资源的取得及其技术的转让成为世界各国十分关心的问题。《公约》(第15条)确认各国对其自然资源拥有主权,但要求每一缔约国都要致力创造条件。便利其他缔约国取得遗传资源用于无害环境的用途,由于发展中国家极力主张遗传资源的取得要联系发达国家相关技术的转让,因此《公约》(第16条)规定各缔约国应按公平和最有利条件向发展中国家提供或转让技术(包括生物技术),并共同商定以减让和优惠条件提供或给予便利,但同时又强调技术的取得和转让应承认且符合知识产权的充分和有效保护。《公约》签署后,UNEP成立了一专门小组讨论了技术转让问题。在第二次和第三次缔约国大会之前召开的非政府组织生物多样性圆桌会议讨论了技术转让问题。

际论坛会议上,遗传资源取得和技术转让是主要议题之一。然而,由于遗传资源取得和技术转让都是十分敏感的问题,涉及到许多技术难题和国家利益问题,如遗传资源惠益的量化、惠益分享的处理、生物技术的知识产权,等等。所以,遗传资源取得和技术转让问题是《公约》有效履行面临的最大难题,也是最为实质的问题。

### 1.5 关于《公约》财务机制问题

早在《公约》谈判阶段,各国就已意识到,为使《公约》有效实施,需要建立一个长期稳定且有效运转的资金机制,以帮助发展中国家履行《公约》义务,对此,发达国家从未否认过,但问题的焦点是,是否建立一个独立的基金和由谁来管理此基金。发展中国家希望有一个独立的《公约》基金,并在缔约国会议下管理,因为缔约国会议的代表大部分来自发展中国家。而发达国家则坚持以 GEF 作为《公约》的财务机制,GEF 由 UNDP、UNEP 和世界银行共同管理,有利于发达国家操纵财务体制机构。直到《公约》最终案文形成时也未能对此达成一致意见,不得不将这个问题留给以后的缔约国会议解决。因此,在巴哈马缔约国会议上,发展中国家再次提出建立独立基金问题,而发达国家则坚持以 GEF 作为《公约》的永久性财务机制,拒绝建立任何新的资金机制。经过艰苦谈判,会议最终妥协为利用已改组的 GEF 在今后一年仍作为《公约》的临时财务机制。1995 年 11 月在雅加达缔约国会议上,再一次讨论了是否确定 GEF 作为《公约》永久性资金机制的问题。会议对资金问题的争论异常激烈,最后发达国家和发展中国家互做让步,决定仍然延用上次会议的做法,利用 GEF 继续作为《公约》临时资金机制。在 1996 年 11 月召开的缔约国大会第三次会议上,财务机制问题仍然是会议讨论的热点。

## 2. 中国履行《公约》取得进展

自 1992 年 6 月李鹏总理代表中国签署《公约》,同年 11 月,七届人大第 28 次会议审议批准《公约》,并于 1993 年初正式加入《公约》,使我国成为率先加入《公约》的国家之一。在我国签署《公约》不久,国务院即批准国家环保局作为牵头部门负责国内履约和生物多样性管理工作。几年来,国家环保局与其他有关部门一道,共同组织和实施了国内的履约工作,并开展了一些有影响的生物多样性保护项目。

### 2.1 建立了国家履约协调组并开展工作

为切实履行《公约》义务,并在国家水平上统一协调履约的行动,UNEP 要求各缔约国建立一个能协调国内履约活动的国家生物多样性机构(NBU)。1992 年底至 1993 年初,在国务院环委会的领导和协调下,国家环保局会同有关部门,建立“生物多样性公约国家履约协调组”,由国家环保局解振华局长任组长,外交部、国家计委、国家科委、财政部、林业部、农业部、建设部、国家海洋局、国有专利局、海关总署、国家中医药管理局、中国科学院及国家环保局共 13 个部门的有关司、局负责人为协调组成员。为拓展协调组的工作范围和加强工作,1996 年 6 月,协调组成员又扩展到国家教委、广播电视台等部门。为使“协调组”的工作正常化,还在国家环保局自然保护司设立了办公室,负责具体日常事务工作。自 1993 年 5 月至 1996 年 10 月,协调组已召开 10 多次会议,对出席《公约》缔约国大会的指导思想和对策、参与有关国际活动与谈判的对策、编制和执行国别研究报告项目过程中及国家履约活动中的重大问题进行讨论、研究和协调,并作出决策。几年来的实践证明,协调组在处理国内生物多样性事务的决策中具有越来越重要和越来越广泛的作用。

### 2.2 积极参与国际履约后续行动

我国不仅认真参与了《公约》的起草与谈判,而且也积极参与了《公约》签署后的一系列具

有国际意义的后续行动。国家环保局与有关部委和中国科学院组团，出席了在《公约》签署后至《公约》生效前的两次《公约》政府间委员会议，又于 1994、1995 和 1996 年组团出席了在巴哈马拿骚、印尼雅加达和阿根廷布宜诺斯艾利斯召开的三次缔约国大会，国家环保局王玉庆副局长在第一次缔约国大会上当选为大会主席团副主席。国家环保局解振华局长出席了第二次缔约国大会和第三次缔约国大会期间召开的各国环境部长级会议，并在大会上发言。中国政府代表团对三次缔约国大会作出了积极贡献。

为加强履约工作和全国生物多样性保护的协调和管理工作，国家环保局成立了由王玉庆副局长为首的生物多样性领导小组，还成立了专门的“生物多样性履约办公室”，并已正常开展工作。在 1995 年 12 月 29 日的第一个“国际生物多样性日”到来之际，国家环保局会同有关部门在北京首次组织了隆重的纪念活动。

### 2.3 编制《中国生物多样性保护行动计划》

《生物多样性公约》第 6 条要求各缔约国编制生物多样性保护国家战略和行动计划。为此，UNDP 和世界银行确定在中国实施编制《行动计划》的国家试点项目。自 1991 年，国家环保局牵头，组织国家计委、国家科委、财政部、林业部、农业部、建设部、公安部、国家海洋局、中国科学院等 10 部门共同准备并实施《中国生物多样性保护行动计划》(BAP) 项目。项目于 1992 年初启动，1993 年底完成。全国数十个高校和科研院所的 100 多名专家及有关主管部门的管理专家参与此项目。1994 年 6 月 13 日，中国政府正式发布并开始实施该《行动计划》，这使中国成为世界上率先完成《行动计划》国家文件的少数几个国家之一，在国际上产生了积极影响。《行动计划》的可贵之处是提出中国生物多样性保护的目标和优先保护行动，列出了中国优先保护的生态系统和物种名录，提出了实施《行动计划》的 18 个重点项目，这对全国生物多样性保护和管理具有十分重要的指导意义。

### 2.4 编制《中国生物多样性国别研究报告》

在 1992 年 5 月“内罗毕《公约》最终案文会议”上形成的决议 2，要求各缔约国进行国别报告研究，编制生物多样性国别研究报告，并将此作为《公约》履行的主要后续行动之一。1993 年始，国家环保局正式向 UNEP 申请资助实施“中国生物多样性国别研究报告”项目，得到 UNEP 的支持。经过两年时间的项目准备，该项目已于 1995 年初正式启动，经过近两年时间全国数十个高校和科研院所的近 100 位专家的共同努力，现已基本完成编写任务，可望 1996 年年底或 1997 年年初能够正式发布。该“国别研究报告”不仅详细阐述了我国生物多样性的本底现状，还对保护生物多样性的效益作了分析研究，对我国因履行《公约》而承负的新增、额外的全部费用作了估算，还提出加强生物多样性保护和持续利用中国家能力建设的方方面面。随着“国别研究报告”的发布和实施，中国的履约工作将迈上一个新台阶。

### 2.5 实施“中国生物多样性数据管理和信息网络能力建设项目”

根据《公约》精神（第 7 条），各缔约国应尽可能调查和监测生物多样性组成部分和对生物多样性产生重大不利影响的人类活动，并维持和整理各项调查和监测生物活动所获得的数据。为了加强发展中国家在生物多样性数据管理方面的能力建设，UNEP 利用 GEF 资金建立了“生物多样性数据能力建设项目 (BDM)”，并在世界上 10 个国家首先试点，中国是 10 个试点国家之一。该项目已于 1996 年初由国家环保局牵头实施，中国科学院、林业部、农业部、国家海洋局、中医药管理局、国家教委等部门共同参与。该项目将进行一次全国性的生物多样性数据管理机构调查。评估生物多样性数据管理的技术需求和资金需求；制定一系列基础数据管理

指南;制定国家生物多样性数据管理计划;对各类生物多样性信息资源进行编目等等。目前,该项目已基本完成机构调查和评估性工作,其他各项工作也将于1997年上半年完成。该项目的完成将大大促进我国生物多样性的数据管理和部门间信息的交流和共享,并将增强国内生物多样性信息网络的建设和促进国际生物多样性信息交换所机制的形成。

## 2.6 其他各项工作的广泛开展

我国的生物多样性保护工作内容十分广泛,领域十分宽广,取得的成就也十分巨大。就全国生物多样性保护工作而言,不仅仅是上述几个项目的实施,而是包括就地保护、移地保护、持续利用、科学研究、宣传教育、法规建设等方方面面的工作和成就;不仅仅是一个部门或少数几个部门的工作和成就,而是涉及到各行各业、中央和地方各个领域和各个层次的工作;也不仅仅是政府部门的工作和成就,而是全国众多的科研机构、大学、非政府组织和广大公众共同参与所取得的成果。正是由于各部门的协调和中央、地方政府与社会各界在过去数十年的共同努力,我国生物多样性保护工作才能开创出一个新的局面,并将取得较大进展。

## 3 履行《公约》面临的主要任务

作为《生物多样性公约》的缔约国,中国将认真履行《公约》规定的各项义务。然而《公约》的目标比较宏远,义务十分广泛和繁重,因此,全面履行《公约》将是一项艰巨的和长期的工作,特别是对于中国这样一个生物多样性十分丰富、人口众多、资源开发压力巨大的发展中国家来说,保护的任务尤其艰巨。然而,就目前的履约工作来说,我们正面临着以下几项主要任务。

### 3.1 加强国家生物技术安全的管理

近年来国际上对生物安全问题十分关注,生物安全问题将成为今后一段时期国际生物多样性论坛的主题之一。我国是接受生物技术和生物技术改变活生物体输入的大国,同时也是拥有较强生物技术并积极开拓生物技术改变活生物体输出的国家,加强生物安全管理对我国十分重要,也很迫切需要。

生物安全管理的核心是实施生物技术的风险评估和风险管理,以尽可能减少因释放生物技术改变活生物体或因使用生物技术而产生的环境灾害或事故。此项工作的实质是对生物技术的使用及其产品的释放实施环境影响评价。对此,国家环保局将责无旁贷地开展生物安全的管理工作,将其作为一项新的环境影响评价内容,并加强其管理的能力建设和管理制度的建立。当前的工作主要有:着手研究、制订有关生物安全的法规、政策、制度等;着手编制有关生物技术安全风险评估和风险管理的技术准则和有关标准、指南等;开展生物安全管理技术人员的培训等等。

### 3.2 加强生物多样性的科学的研究工作

履约工作需要建立在科学的基础之上,尽管过去多年的科学的研究已积累了大量的成果和资料,但仍然存在许多知识空白,有些资料需要更新,尤其是在调查、编目、监测、信息、保护与持续的技术等方面尚须开展大量的研究工作。此外,为更好地参与《公约》后续谈判,亦要对《公约》的条款内容、国内外背景、履约策略等进行详细研究。虽然“八五”期间已开展了一些工作,但在广度和深度上有待进一步扩展,经费投入也需大大增加。为此,建议国家科委将生物多样性研究列为“九五”国家科技攻关项目,并在“攀登计划”和国家自然科学基金项目中有限考虑生物多样性研究项目。同时,各部门和各地方应开展一些生物多样性科研项目。在研究内容上,当前重点应放在生物多样性的调查与监测,要进一步调查各类自然生态系统、物种和遗传资源并进行编目。在调查的基础上,应对生物多样性各组成部分进行系统的和长期的监

测,逐步形成全国生物多样性监测网络。此外,还应加强生物多样性的基础研究,如生物多样性的生态学和生物学的基础研究。在“八五”期间,中国科学院已投入大量财力和人力用于生物多样性基础研究,并取得重大成果,“九五”期间可望有新的进展。

### 3.3 加强国家生物多样性信息网络能力建设

目前,我国在生物多样性方面的信息系统尚不健全,数据管理也不完善,已建的信息中心和数据库比较分散,信息内容比较单一,互相之间联系也不多。当今的紧迫任务是在国内原有工作的基础上,通过实施 UNEP 资助的“中国生物多样性数据管理和信息网络能力建设项目”,对国内目前的管理现状和需求进行评估分析,找出数据流动过程中的薄弱环节,使用 WCMC 以及其他国际信息机构之间的网络联系并开展信息交换。对于国家环保局目前牵头实施的 UNEP 数据管理项目,需要进一步得到各有关部门的支持和合作。

生物多样性数据管理能力建设的另一方面是加强数据管理技术和专家技能。并通过各种途径培养生物多样性数据管理的高级技术人才。此外,能力建设还应包括现代化设施的建设,包括数据采集、数据处理、数据贮存、信息传播和信息发布的手段现代化。

### 3.4 加强生物多样性的保护工作

过去几十年中,我国在生物多样性保护方面已取得举世瞩目的成就。至 1995 年底,我国已建立自然保护区 799 个,面积达 7185 万公顷,占国土面积的 7.2%,达到世界平均水平。在迁地保护方面,除建有 171 个动物园和动物展区及 110 个植物园和树木园,还建有 200 多处珍稀濒危物种繁殖基地。在遗传资源保护方面,我国已初步形成农作物种质资源保存体系,收集和保护农作物种质 33 万份。这些保护设施的建设对有效保护我国的生物多样性已起到十分重要的作用。但是,中国是世界上生物多样性最丰富的少数几个国家之一。相对于中国丰富的生物多样性和保护的要求,我国的保护任务仍然十分艰巨。根据国务院环委会批准通过的“全国自然保护区发展规划”,到 2000 年全国自然保护区总数要达到 1000 个,面积占国土 9%;到 2010 年,自然保护区总数达 1200 个,占国土面积 10%。从过去几年我国自然保护区发展趋势来看,要实现这个目标还须花很大的力气。然而,从生物多样性全面保护的要求看,即使实现了这个目标也还难以保证前面全面完成我国生物多样性保护的任务,因为保护区的面积毕竟有限,保护区以外占国土 90% 面积上的生物多样性如何保护和持续利用将始终是我国自然保护工作者和全体人民面临的艰巨任务。

## 4. 实现履约任务的几项措施

有效履行《公约》义务和实现上述任务需要采取相应的措施,措施的范围很广,包括国家政策和法规的措施,行政管理的措施,资金投入的措施,人力资源的措施,宣传教育的措施,等等。这里,我仅针对当前履约工作中的薄弱环节,提出几点意见。

### 4.1 进一步发挥国家履约协调机构的作用

生物多样性涉及面很广,履行《公约》涉及的国内部门也很多,随着国际生物多样性活动日趋复杂和国内履约活动的不断深入,国内各部门之间的协调和合作显得越来越重要,履约协调组的工作将越来越多,作用也将越来越大。从履约工作的长远考虑,现有的协调组需要赋以更大的权力和决策范围,使之成为国内生物多样性保护所有事务的决策机构和国内履行生物多样性领域有关公约的协调机构。《生物多样性公约》是一个全面涉及生物多样性内容的国际法律,尚有其他一些公约也涉及到生物多样性的某些方面,如《湿地公约》《世界文化与自然遗产公约》《野生动植物濒危物种国际贸易公约》《国际捕鲸公约》《防治荒漠化公约》《气候变化公

约》《海洋法公约》等。为统一协调全国生物多样性保护行动和综合协调国家履约活动,需要进一步加强部门之间的协调,在国家履约协调机构的统一协调下,加强各公约间履约信息的交流,共同研究制定出席各缔约国会议和参加有关国际活动的方针、原则和具体技术方案,从而保证对外的口径一致,并促进国内履约的联合行动和综合效应。

#### 4.2 增加生物多样性保护的经费投入

《公约》对各缔约国规定了一系列的义务,这些义务的履行都需要大量的资金投入。虽然《公约》的财务条款表明将对发展中国家的履约工作给予资金援助,但由于财务机制尚在谈判之中,短时间内不可能从国外得到充足的资金,即使得到也需要国内大量配备资金。然而当前开展的许多履约工作正面临资金困难,例如,全国虽建有799个自然保护区,但由于缺乏经费,大多数自然保护区的管理质量较差,影响保护效果;新建自然保护区面临资金困难,很多急需的保护项目因缺少资金难以实施。此外在生物多样性科研、人员培训、宣传教育等方面都存在资金不足和人力资源缺乏的问题。资金问题一直是困扰生物多样性保护的主要问题,尽管国家财政投入不断增加,但仍然远远不能满足不断增长的资金需求。因此,为有效保护生物多样性,必须广泛地开辟资金渠道,除了保证国家投资的主渠道畅通,还应发挥地方和社会各方的投资力量。

当然,争取国外援助也是一条不可缺少的途径。《公约》第二次缔约国大会决定仍由GEF作为《公约》临时资金机制。这表明,从国外获得生物多样性项目资金支持的主要渠道仍为GEF。过去几年中,我国已从GEF争取到一些生物多样性项目资金,为了更多地争取外资以推动我国的履约活动,需要在各部门的协调努力下,共同研究,尽快向GEF申报几项好的项目,并着手准备一批后续项目,鉴于目前一些发达国家已开始把向GEF捐款、间接援助发展中国家的作法,逐步调整为增加双边合作的直接拨款的新动向,积极开展国际合作,广交朋友,为国内生物多样性保护争取更多的资金。

#### 4.3 抓住热点问题开展深入的调查研究

《生物多样性公约》内容多,涉及面较广。目前国际履约的几个热点问题既是公约及履约的重点,又是国际争论的焦点问题。尽管我国在公约规定的一些方面已经具有一定的工作和科研基础,但距离公约本身的要求及国际履约工作的形势还有相当的差距,从生物多样性角度考虑,有些领域还十分薄弱或近乎空白。为了避免国际履约工作的被动,掌握充分的证据,采取积极稳妥的对策,维护我国的利益,有必要抓住或针对几个当今履约中的热点问题,开展深入的调查研究。这些调查可包括:生物技术安全管理的必要性与限度、手段;我国海洋捕捞和养殖与海洋及沿海生物多样性保护及持续利用关系的评估;植物遗传资源现状;保护和利用农业生物多样性的现状和评估;森林采伐和人工造林与生物多样性影响评估;外来种对生物多样性影响评估;发展中草药与生物多样性的持续利用;民族习惯,宗教信仰以及土著知识、文化与生物多样性的关系,生物技术的专利保护与转让等等。

#### 4.4 加强生物多样性保护的公众参与和充分发挥非政府组织的作用

保护生物多样性不单纯是政府的事,而且也是社会各界和全体人民的共同事业,要建立公众参与机制,明确社会各阶层的义务和责任,例如,政府有关主管部门保护和持续开发生物资源的决策责任;各级人大及政府、工商、公安、环保等部门对保护生物多样性的立法和执法责任;各级人民政协的民主监督作用;新闻出版界的舆论监督作用;科研机构、学术团体和非政府学术组织的科技咨询作用;普通公民自觉遵守国家自然保护法规、法令的义务和责任等等。

尤其值得提出的是要进一步发挥科技界和非政府学术组织的作用。科技界因其知识和技术而在生物多样性保护中担负重要使命,常常通过他们所掌握的知识和研究成果影响着其他社团组织的参与方式和参与程度。因此,应充分发挥科技界在生物多样性保护与持续利用活动中的决策参与作用。

非政府学术组织在开展生物多样性保护活动方面具有其他阶层不可替代的作用。国际上许多非政府组织十分活跃,如 IUCN(世界自然保护同盟)的影响极其广泛,该组织每年出版许多生物多样性图书,帮助各国开展生物多样性保护的合作,还多次举办学术研讨会和地区性及全球性大会,例如,1996年10月IUCN在加拿大蒙特利尔召开的第一次世界自然保护会议,召集了世界上100多个国家和600多个非政府组织约3000人一道开会,还邀请了许多国家和环境部长到会,声势浩大,影响深远,可见非政府组织的力量和潜力是十分巨大的。我国的非政府学术组织主要指一些有关自然保护的学术团体,如中国环境学会,野生动物保护学会,生态学会,植物学会,动物学会等等。这些学术团体在加强生物多样性保护宣传教育、学术交流、科技成果推广、人员培训等方面已作出卓有成效的贡献。但与国际上一些活跃的自然保护非政府组织相比,其作用尚有很大差距,要进一步发展发挥他们的作用。政府有关主管部门应加强与这些学术团体的联系和合作,相互支持,共同开创我国生物多样性保护的新局面。

# 在第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会上的讲话

王韧

(中国农业科学院,北京 100081)

各位代表、同志们：

第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会,是在有关单位的积极努力、认真筹备和大力支持下顺利召开的。请允许我代表中国农业科学院对这次会议的召开表示热烈祝贺,并预祝大会圆满成功。同时,也向与会的领导和全体代表表示热烈的欢迎。

农业领域生物多样性问题是全球生物多样性保护和利用的一个重要方面,在国际上引起普遍关注。我国自古以来是一个农业大国,土地辽阔,生态环境多样化,农业生物资源丰富。这些资源不仅是中国甚至是全世界农业可持续发展的物质基础和宝贵财富,是我们解决下一世纪乃至更远的未来国家发展和人民生活根本所在。然而,我国人口的持续增长、经济的飞速发展、公众生活需求的不断提高以及各种各样的短期经济行为,对我国农业生物多样性的压力和威胁日趋增强。如何合理地保护和利用我国丰富而且高贵的农业生物资源已经成为农业科技界同仁和整个社会迫切关注的问题。能否行之有效地保护和利用农业生物多样性,直接关系着我国农业和农村经济能否持续稳定发展,关系着能否有效地解决现在及未来食物总供给与总需求的矛盾,关系着能否圆满地回答“未来谁养活中国”的问题。

我国从“六五”开始重视农业生物种质资源工作。20余年来,在主要栽培作物、家养动物、饲用植物以及种质资源的考察搜集保存利用等方面取得了可喜的成绩:已经建成国家作物种质库,通过鉴定评价的入库材料已达33万份;创制出一批优质新种质并在育种和生产上发挥重要作用;抢救了一批珍稀优异种质资源,在11个省、自治区建立了不同类型的中期保存库和种质资源圃,农业生物的异地保存和就地保存均初见规模;种质资源工作的重点已从考察搜集保存转向评价创新利用等方面;在农业生物的物种多样性、遗传多样性、生态系统多样性等领域进行了大量的基础研究工作,目前,已经形成一支学科比较齐全、结构基本合理并且初具规模的农业生物多样性保护和利用的科研队伍,在农业生物多样性保护和利用方面发挥着独有的作用。

生物多样性保护和持续利用是一项方兴未艾的艰巨工作,只有依靠全社会各界人士的共同努力方能奏效。我们期待着这次全国生物多样性保护与持续利用研讨会能够在全体与会代表的共同努力下,讲出新观点、新思路、新进展。

预祝会议圆满成功。

## 在第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会上的讲话

陈冬生

(中华人民共和国教育委员会科技司,北京 100816)

各位专家、来宾、女士们、先生们:

自 1994 年首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会以来,国内有关高校和科研机构对生物多样性保护与持续利用开展了大量的研究工作,今天召开的以“生物多样性与人类的未来”为主题的第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会,对展示和交流本研究领域的成果和经验,推动我国生物多样性保护和持续利用事业进一步向纵深发展具有重要的意义,让我代表国家教委科技司对大会的召开表示祝贺。

尽管生物多样性的相关研究与教学活动在国内已开展了几十年,但生物多样性问题真正引起人类的关心是在本世纪 80 年代后期。由于全球人口数量的剧增,人类活动引起生物资源不合理利用和环境的变化,生物多样性问题引起了国际社会的广泛关注,有关国际组织成立了各种机构,对生物多样性的保护和利用在各层次进行了全方位的研究,并逐步取得共识,认为生物多样性的丧失是人类社会持续发展的主要障碍,因而国际间开展了各种形式的联合行动,积极开展保护与持续利用生物多样性的工作。

我国是一个发展中的国家,幅员辽阔,自然条件复杂多样,生物物种丰富,生物群落和生态系统多种多样,我国被列为十个生物多样性特丰国家之一。充分利用和保护我国的生物多样性,对于我国的可持续发展具有重大的战略意义。

生物多样性的保护与研究工作,在我国可以上溯几十年,但真正引起人们的重视是近十几年。教委所属的有关院校在几十年来的教学和科研过程中,始终积极参与了生物多样性的保护和利用工作。生物多样性的研究涉及多学科,高校充分发挥了多学科的综合优势,培养了一大批适合于从事生物多样性研究工作的专门人才,同时利用点多面广的人才优势,积极参与生物多样性保护和利用的研究工作,有关高校的生命科学学院在数十年的教学与科研过程中建立了生物多样性研究与教学的整体体系,保存了大量有关生物多样性的可供利用的信息资源,形成了结构比较合理的生物多样性的研究队伍。从 50 年代到现在,教委系统承担和参与了全国及有关部门关于生物多样性方面的许多重大课题与基础研究项目,在动植物区系、分类、生态、资源保护等方面取得了多项重要成果,并逐步形成了自己的特色。如中山大学在昆虫生态、植物区系方面,华东师范大学在无脊椎动物区系与生态、河口湿地方面,武汉大学在种质资源保存、水生生物方面,复旦大学、南开大学、四川大学在植物区系和分类方面,山东大学在微生物方面,东北师范大学、兰州大学、厦门大学在草地、荒漠、湿地方面都有较为深入系统的研究。1995 年 9 月在武汉大学召开了全国高校首届生物多样性保护与利用研讨会,有 60 余所高校的 100 余名代表参加了会议,收到论文 100 篇,涉及遗传、物种、生态系统多个层次的理论技术和应用等各个方面,并成立了全国高校生物多样性协调委员会,现正编辑出版生物多样性研究丛书。近年来随着我国生物多样性的保护与利用研究工作的深入,有关专家积极参与各个方面研究工作,从不同层次、不同区域和不同时空尺度对我国生物多样性的保护与利用工作进行了深入的研究,在理论、方法和技术等方面又有不少新的进展和突破,取得了在国内外

学术界有较大影响的成果，可以说教委系统具备了系统开展生物多样性研究的良好基础。已成为我国在该领域的一支重要的主力军。我们有能力、有信心为中国和世界的生物多样性保护和利用事业做出应有的贡献。让我们共同努力为人类的生物多样性保护与利用事业做出更大贡献。

再次祝愿研讨会取得成功！谢谢大家。

## 在第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会上的讲话

佟凤勤

(中国科学院生物多样性委员会,北京 100864)

各位专家,各位领导:

1994年,我们与林业部野生动物和森林植物保护司共同组织召开了第一届全国生物多样性保护与持续利用研讨会。两年时间很快就过去了,今天我们承担中国生物多样性研究和管理的五个主要部门共同组织召开了第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会,具有更加重要的意义。生物多样性保护与持续利用关系到中国社会经济的持续发展,不仅是受益于当代人的行动,而且是造福于子孙万代的事情。中国科学院几十年一直致力于中国生物多样性及其相关领域的研究工作,积累了大量的标本和资料、建立了相关的研究设施,出版了二百多卷册的专著,特别是80年代后期以来,组织了专门的队伍开展生物多样性研究工作,取得了比较明显的进展,为有关部门的生物多样性保护与持续利用实践提供了科学依据,同时始终得到农业部、林业部、国家教委、国家环保局等部门的大力支持。在此,我代表中国科学院生物多样性委员会,中国科学院资源环境科学与技术局,向上述各部门多年来对我们的支持表示衷心的感谢,向到会的各位专家和领导表示热烈的欢迎。

作为会议组织的主要承担部门,尽管努力作好会务工作,但也还会有这样或那样的问题,希望各位与会代表能及时提出意见和建议,我们将尽力满足大家的要求。

秋天的北京,气候宜人,祝愿各位代表在北京期间健康愉快,预祝大会圆满成功。

谢谢大家!

## 第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会闭幕词

陈宜瑜

(中国科学院,北京 100864)

各位领导、各位同志、女士们、先生们：

历时三天的第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会在有关部门和各位与会者的共同努力下即将圆满地结束。值此，我谨代表大会组委会向为这次大会的成功召开做出积极贡献的各位代表和各有关部门的同志们表示衷心的感谢。

两年前的1994年9月，我们与林业部保护司等单位共同组织召开了首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会，收到了良好的效果。这一次会议除上届的两个组织单位外，又得到了国家环保局自然司、国家教委科技司和中国农业科学院的积极响应和大力支持，共同来举办本次研讨会，这也是本次会议能够如此成功的重要原因。

众所周知，生物多样性保护在70年代末期以来，引起了国际社会和各国政府的普遍关注，特别是1992年联合国环境与发展大会由150多个国家签署的《生物多样性公约》的生效及其后续的履约行动更将生物多样性保护与持续利用推向高潮，不仅成为人类与环境领域的热点，同时成为若干有关学科领域的甚至整个科学界关注的前沿课题。形成如此局面的主要原因是由于关系到人类本身的生存与发展的生物多样性受到了严重的威胁。中国是世界上生物多样性特别丰富的国家(megadiversity country)之一，但由于我国庞大的人口压力和经济快速发展的压力，又成为生物多样性受到最严重威胁的国家之一。近年来，我国政府和科学界都从不同侧面对生物多样性的保护和持续利用做出了积极的努力并取得了一定的进展，但现状仍不容乐观，任务还很艰巨。但只要我们各个方面共同努力，前途还是光明的。

由于生物多样性保护与持续利用是一项涉及面广，在理论和实践上都比较新的行动，因此定期地举行研讨会，对于交流研究成果及实践经验和体会，加速科技成果转化，增进科研人员与管理者之间的联系和沟通都具有十分重要的意义。

中国科学院一直十分重视生物多样性及其相关领域的研究工作。我院自建院以来，受国家的委托，与兄弟部门的研究人员一起对我国动植物、微生物资源进行了40多年的调查和研究，并先后出版了《中国植物志》《中国动物志》《中国孢子植物志》《中国植被》《中国高等植物图鉴》《中国植物红皮书》(第一卷)等一系列专著；并增建和扩建了有关的研究设施，如标本馆、植物园、定位研究站等，为生物多样性保护和持续利用的研究和实践提供了大量的资料和服务。在此，我特别要对国家环保局、林业部、农业部和国家教委等多年来对我院生物多样性保护、珍稀濒危动植物保护等研究工作的支持表示衷心感谢。我院将继续在国家主管部门的领导下积极组织科研人员，与国内外有关科研机构的研究人员紧密合作，为政府主管部门制定生物多样性保护和持续利用的政策，为合理利用我国的生物资源、保护环境，提供理论依据和实践基础。

中国生物多样性方面的研究起步较晚，80年代中后期中国科学院的一批专家在当时的院领导特别是生物科学与技术局的组织下，提出并积极推动中国的生物多样性保护与研究工作，于1989年初成立了我国第一个生物多样性工作组，1992年初扩大成中国科学院生物多样性

委员会,这期间组织了一系列重要的活动,包括申请、组织有关的研究项目,出版书籍和杂志,积极配合国家有关部门的活动等,在国家各有关部门的支持下,中国科学院在推动中国的生物多样性研究方面起到了相当重要的作用。通过“八五”期间的工作,特别是“八五”期间我院主持的三个重大项目的研究,我们深切地体会到生物多样性保护的研究是一项跨学科,跨领域的工作,其与各个方面联系的广泛性是其它任何研究领域或方向很难与之相比的。但同时也需充分注意另一种倾向,即把生物多样性看成生命科学的代名词,变成一个大而无外,小而无内的概念。这种情况国内外都不同程度地存在。其结果是使生物多样性概念庸俗化,不利于该领域研究与实践工作的开展。因此,我建议比较严格地界定生物多样性的概念,即是各种各样的生物及其与环境形成的生态复合体的总和,主要包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性,尽管严格界定但还是比较广义的概念。实际操作时,可以采用比较狭义的生物多样性保护的概念,而且在强调三个水平研究有机结合的同时,突出“物种是基础,生态系统(包括群落)是重点”的原则,不断聚焦,使生物多样性研究扎实深入地深入开展,搞出特色,搞出水平。在现阶段应选择关键地区,找出重要的急待解决的科学问题进行研究,在服务于生物多样性保护实践的同时,要推动生物多样性保护的基础学科即保护生物学的发展。

这次会议在各位代表的共同努力下达到了预期的目的。有理由相信这次会议的成果定会对于我国的生物多样性保护与持续利用工作,特别是“生物多样性公约”的履行起到较大的推动作用。

女士们、先生们,让我们大家共同携起手来,为了我们的未来保护好我国丰富的生物多样性。

最后,祝各位代表身体健康,旅途愉快!

# 遗 传 多 样 性



# 遗传多样性的定义、研究新进展和新概念

胡志昂 王洪新

(中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** 遗传多样性即生物的遗传变异,有广义和狭义两种定义。从远古时代起,人们就选择生物的变异,形成现在数以千计、万计的动植物和微生物品种。达尔文极端重视这个司空见惯极为普遍而学术界长期忽视的现象,进行系统总结和深入的思考。他把种内的多样性和物种的多样性及适应性联系起来,为物种是由变种形成的进化理论提供大量无可辩驳的证据。从此,生物学从根本上摆脱了神学,成为一门科学。遗传多样性研究产生了孟德尔遗传定律。遗传学随所用遗传标记从形态、细胞、生化和分子水平而从经典遗传学发展到分子遗传学。基因概念发生很大的变化。现在是分子生物学阶段,包括生物多样性在内的各个生物学分支学科都因为引进分子生物学的概念、方法而面目一新。群体遗传学应该改变基因观念。以利用遗传资源为基础的“绿色革命”在解决粮食危机的同时,也暴露出遗传一致性的危险。反复说明遗传多样性的损失是物种绝灭的内部原因。全球遗传资源运动发展为全球生物多样性运动。生物技术对生物多样性的利用早已超出物种的范围。最近国内外的研究均表明,生态系统和物种的保护都离不开分子遗传研究。我们最近提出了生态系统功能基本单位的概念。认为生态系统功能中生物多样性的作用主要是基因的多样性。总之,遗传多样性应该有广义的解释,才能和物种和生态系统多样性的研究结合起来,组成生物多样性科学。

**关键词** 遗传多样性 历史 进展 定义 生物多样性科学 生态系统基本功能单位

## 1 遗传多样性的定义

McNeely 等 (1990) 在回答“什么是生物多样性”问题时,为遗传多样性下的定义是:“遗传信息的总和,蕴藏在地球上植物、动物和微生物个体的基因中。”但在群体遗传学界,遗传多样性主要指种内群体间和群体内的遗传变异,施立明等 (1993) 称为“狭义”的定义;而把 McNeely 的定义称为广义的定义,物种以上的分类群以及种群以上的生态学系统都包括了各自的遗传多样性。“广义”和“狭义”的差别在于后者只涉及种内。这里的种指的是生物学种。经典遗传学时期,群体遗传学研究的只是形态变异,而实际观察到的形态变化包括遗传和环境的分量。通过控制环境,可以减少或消除环境分量。最好是进行不同变异类型之间的杂交和后代观察,即孟德尔遗传分析来确定特征能否遗传、遗传方式和遗传力。因此实验只能在生物学种内进行。群体遗传学在数学模型和实验证据两方面都只能主要涉及最简单的等位基因突变。后来发明的遗传标记:等位酶、限制片段长度多态性和微卫星 DNA 特别受到青睐,因为其互显性遗传方式适合统计分析。但是,当我们把遗传多样性作为整个生物多样性的一个组成部分来考虑时,狭义的定义就不能满足研究和保护的需要。下面从历史和现状进一步探讨广义定义上的遗传多样性的意义。

## 2 历史上的遗传多样性研究

自有人类起就认识到生物多样性。人们早就看到生物(包括人类自己,俗话说:一母生九

子,子子不同)普遍发生遗传变异,并利用这些变异,造就了数以千、万计的动植物、微生物品种。但在理论上,生物学界对这个司空见惯的现象熟视无睹。因为圣经上讲物种是造物主分别创造的,适应性被解释为造物主的智慧。变异只在种下出现,可能是生活条件引起的,与上帝创造的物种多样性无关。1837年以后,达尔文把两种多样性联系了起来。在《物种起源》周建人等译本17~19页可以读到:从“通常为自然学者们忽视”,有“高度价值”的“家养动物和栽培植物”的细心研究,如何为他了解物种起源“这个难解的问题提供最良好的机会”。他写到:“我充分相信,物种不是不变的;那些属于所谓同属的生物都是另一个并且一般是已经绝灭的物种的直系后代,这与任何一个物种的公认的变种是该物种的后代,是同样的情形”。达尔文用遗传多样性来解释物种的多样性和生态适应性,为生物学从根本上摆脱神学而获得独立和空前的发展奠定了基础。达尔文的进化论是一套完整理论,不仅是动植物在家养和自然条件下的变异,而且包括生存斗争、自然选择、生物在时间(地质和胚胎发育)和空间(地理)上的分布以及生殖的作用等。一百多年来,已经证明他的“泛生说”是错误的;生存斗争和选择在进化中的作用不断受到观察和研究的质疑。唯有遗传多样性的论述不仅没有受到挑战而且从形态发展到细胞、生理生化和分子水平,越来越证明其重要性。这个过程也就是遗传学从经典时期,经过细胞和生化时期到达分子遗传学的过程。以形态变异为标记,通过杂交后代的统计分析,1865年孟德尔发现了遗传规律,直到1900年被广泛证实并为世人所知晓。1909年约翰孙把孟德尔因子简称为“基因”。20年代摩尔根把基因定位于染色体,基因的含义不仅指决定生物性状的基本单位,也是复制、突变和重组的基本单位。Luria 和 Delbrück (1943) 用数理统计证明大肠杆菌抗噬菌体的突变发生在接触噬菌体之前,说明生物变异的原因在生物体内而不在环境。不久,Avery 等 (1944) 就证明决定细菌特征的因子是 DNA。Watson 和 Crick (1953) 提出DNA双螺旋模型,从理论上阐明了DNA是唯一满足基因四种基本功能的分子,标志分子生物学的诞生。Benzer (1957) 大肠杆菌噬菌体基因精细结构的研究,发现这四个单位的DNA长度差别很大,因而基因被分别定名为顺反子、复制子、突变子和重组子。基因常狭义指顺反子,有编码蛋白质的功能。Jacob 和 Monod (1961) 乳糖发酵诱导的深入遗传分析,发现紧密连锁的顺反子(结构基因)所编码的功能相关酶的合成由同一顺反子内的操纵基因进行顺式调节并受远端的顺反子(调节基因)进行反式调节。真核生物功能相关基因并不构成操纵子。一个功能顺反子不仅包括蛋白质的编码序列,更多的是调控序列。DNA从5'到3'分别有增强子(enhancer),对环境直接或间接应答的顺式或反式调节序列,CAATbox, TATAbox, 转录起始信号,核糖体结合序列,转译起始密码子,分割编码序列的内含子,转译中止密码子,聚腺苷化信号等。现在可以从序列不仅知道蛋白质的氨基酸顺序从而了解其性质和可能功能,而且知道基因调节的情况。例如近一个世纪的研究在酵母的第3染色体上发现37个顺反子,而Olive等(1992)报道的全序列分析,一举鉴定出182个新顺反子,彻底阐明了该染色体的全部遗传信息。高等动植物仍有一些序列,尤其是重复序列如微卫星DNA,我们还不能确定其功能,但也是遗传信息的一部分。在很多植物和某些动物中重复序列占总DNA的一半甚至绝大部分。分子生物学已经相当清晰、客观、严格地阐明了生命活动的物理化学本质,从此生物学完全摆脱了生机论,成为一门精确的科学。细胞是生命的基本单元,分子生物学的渗透产生了细胞生物学。分子系统学和分子生态学的兴起也反映出生物学已全方位进入分子生物学时期。

遗传学在宏观领域的发展始于20年代,达尔文进化论和孟德尔定律相结合,产生群体遗

传学。进化过程描述为突变、繁育系统、选择和迁移对基因频率的影响。60年代中叶以前主要以形态和染色体为标记,然后是等位酶,90年代才广泛用DNA标记。不仅所用的方法滞后,更严重的是在基本理论上除中性学说有所创新以外,其余都没有超出达尔文学说的范围。一方面是因为受到数学模型的束缚,另一方面基因概念没有更新。今日,群体遗传学家对遗传多样性的理解不应局限于种内,而应落实在DNA序列上,即广义的遗传多样性定义。何况至今系统学界对物种的概念尚未达成共识。Solbrig(1991)《从基因到生态系统》一文就提到:“生物全部遗传变异最终来自分子水平,与核酸的物理化学性质相联系。遗传变异不仅整合到生理和生化功能,而且整合到物种的生态框架。”近年来分子标记的应用,显示出分子遗传学在基因、物种和生态系统保护中有许多方面用途。国外可见Wayne(1996)的综述。国内也有一些报道,用类似的分子技术,如RAPD、DAF、微卫星DNA和DNA序列分析研究我国特有物种的遗传多样性,得到类似的结果和结论。细节可参考已经出版的《中国动植物遗传多样性》专著(胡志昂、张亚平主编)。

总之,生物学作为一门科学的发展历史是从遗传多样性研究开始的,它所提供的遗传标记标志着遗传学和生物科学发展的各个阶段。

### 3 遗传多样性利用的历史

地球上人类出现之前,处于生态等级高的生物就利用生态等级低的生物的多样性。动物取食有一定的范围,专食淀粉类植物器官的,是利用蔗糖合成酶的产物。专食叶子的昆虫,利用光合作用产物。动物大概不懂分类学,没有物种的概念,所以它们的营养来自McNeely等(1990)定义的遗传多样性。人类也是这样,先利用的是广义的遗传多样性,后来才深入种内,利用狭义的遗传多样性。

随着人类社会的进步,利用生物多样性的方式变化了,变广谱为狭谱,变采集为家养。我们的食物来源越来越单调,只有极少数生物种类被集中利用。绿色革命把这个现象推到了极端,高产品种的全面推广,很快排除了大量当地农家品种。最近15年内,印尼丢失1500个当地水稻品种。现在种植的80%是新品种,而且来自同一个母本(WRI等,1990),菲律宾、孟加拉、斯里兰卡也有类似情况。1974~1976水稻褐飞虱产生生物型2,在菲律宾和印尼大爆发,1982~1983再次大发生(张德慈,1988)。在美国经济中起巨大作用的玉米种植业,1970年因小斑病造成10亿美元损失,因为杂交玉米亲本几乎都是T型不育系细胞质,对小斑病敏感,大爆发席卷美国整个“玉米带”。遗传所贾旭先生介绍,中国作物的遗传一致性也很严重。1964年我国小麦三种锈病大爆发。后来通过染色体工程引进黑麦草(*Lolium*)染色体1RS的抗锈基因,目前60%小麦品种带这个基因,这就十分危险。果然,1990年锈病再次成灾,因为产生了抗1RS抗锈基因的新生理小种。在人类历史上遗传一致性的危害反复发生,一再提醒人们遗传多样性的重要性,这就有了从60年代开始一直延续至今的全球遗传资源运动。从理论上也说明物种的稳定性依赖于遗传多样性。随着近年来物种灭绝和生态系统退化的加速,80年代起科学家们进一步提出生物多样性的术语,宣传生物多样性保护和持续利用的重要性,得到了公众的认可。联合国生物多样性公约经过多年协商,终于达成一致;争论的焦点是遗传资源和技术转让。技术主要指生物技术,尤其是重组DNA技术,完全不受生物亲缘关系的限制。一个生物的有用基因可以整合到任何生物的基因组并顺利实现其功能。遗传多样性的利用早已超出物种的范围,把遗传多样性还限于种内,显然是一种过时的概念。

### 4 生物多样性科学

经过近 20 年的讨论,国际学术界提出生物多样性科学,其核心课题是生态系统功能中生物多样性的作用(DIVERSITAS,1996),详细的学术讨论可参见 Solbrig(1991);Heywood 和 Watson(1995)。我们最近研究了生态过渡带某些物种在形态、生理、蛋白质和 DNA 水平上的遗传多样性。过渡带异质景观造成生境片段化,影响基因流。近交可能增加罕见等位随机丢失的机会,但也同时增加突变随机固定的可能,两者都促进遗传分化。异交植物发生部分近交,总体上增加遗传多样性。特别是与异质景观相关的繁育系统多样性造成植物种内种间极端复杂的多样性。实验证明过渡带异质景观的隔离小种群存在一些新基因,通过基因流整合到两翼的斑块中心种群,提高整个物种的遗传多样性。看来,异交或异交兼近交(自交、无融合生殖或营养繁殖)所造就的高度遗传多样性是物种成为生态系统优势种的条件之一。我们发现我国生态系统的主要优势种几乎都是异交或异交为主的。繁育系统与生态系统功能的关系需要深入研究。生态过渡带异质景观群落的多样性还是一个天然实验室,为我们展示了群落的成分如何随环境变化而变化。本着从简单到复杂的原理,例如在毛乌素地区我们分析了最简单而环境胁迫最严重的硬梁景观生态类型。提出中间锦鸡儿-根瘤菌-象甲组成生态系统的功能单位,锦鸡儿是优势种,其他两个是关键种。基本功能单位的确定,有助于阐明生态系统多样性的发展过程。还有更为简单的陆地生态系统,特别是在极端生境下的我国北方沿海重盐渍土壤上盐地碱蓬(*Suaeda maritima* var. *salsa*)单独一种组成的群落。与毛乌素沙地相比,这里并不缺水;只是水中盐浓度太高,其他植物不能从中吸收水分。盐地碱蓬利用外界丰富的 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>等离子,通过组织和细胞的分室性渗透调整,使得植株水分吸收系统的水势低于环境,保证了水分供应(可参见胡志昂,王洪新 1995 的评述)。盐渍条件下有充分的矿质供应,包括 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>;所以生物固氮也不是维持当地生态系统功能的必需条件。可能最基本的条件除高耐盐外,是光合作用以及由此产生的同化能力所驱动的包括糖酵解、三羧酸循环、蛋白质和核酸合成,支持细胞的分裂、分化和伸长,实现一定的生物量。在类似的盐渍生境,有时可以找到纯芦苇群落或盐地碱蓬-芦苇混合群落,因为芦苇也有耐高盐的能力。所以维持生态系统功能的可以是系统发育上相距很远的物种。物种可以替代,耐高盐能力(由一个或若干耐盐基因编码)必不可少。随着土壤盐分减少,耐低盐的植物侵入,形成各种复杂的盐生生态系统。其实,生态系统功能是指物质和能量流动,其中生物学因素就是生理生化过程。包括生物之间的相互作用,如寄主—寄生物关系。也包括生物对环境的应答。分子生物学早已证明全部过程都是在各种基因(仅是序列不同)指令下实现质和量的调控。不难推论:生态系统功能的多样性实质上是基因的多样性,也就是 McNeely 等(1990)定义的遗传多样性,即施立明等(1993)称为广义的遗传多样性。现在是分子生物学时期,生命活动及其调控的本质基本上可以由碱基序列及其产物氨基酸序列来解释,包括 DNA 和蛋白质的相互作用。可以预计生态系统功能中生物多样性的作用这一生物多样性科学的核心课题,最终还要由 DNA 中 A、T、G、C 的排列来阐明。

#### 参考文献

- 胡志昂,王洪新.1995.植物抗旱耐盐基因研究进展.荆玉祥等主编:植物分子生物学.北京:科学出版社,204-213  
 施立明,贾旭,胡志昂.1993.遗传多样性.见陈灵芝主编:中国的生物多样性.北京:科学出版社,99-113  
 张德慧.1988.植物遗传资源—未来植物生产的关键.北京:中国农业科技出版社  
 Avery O. T. , MacLeod C. M. , McCarthy M. 1944. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types. *J. Exp. Med.* 79:137-156

- Benziger S. 1957. The elementary units of heredity. in McElroy, W. D., Glass, B. (eds.). *The Chemical Basis of Heredity*. Baltimore: Johns Hopkins Press, 70-93
- DIVERSITAS. 1996. DIVERSITAS: An international programme of biodiversity science: Operation plan
- Heywood, V. H., Watson, R. T. 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge: Cambridge Univ. Press
- Jacob, F., Monod, J. 1961. Genetic regulatory mechanisms in synthesis of proteins. *J. Mol. Biol.* 3:318 - 356
- Luria, S. E., Delbrück, M. 1943. Mutations of bacteria from virus sensitivity to virus resistance. *Genetics*. 28:491 - 511
- McNeely, J. A., Miller, K. R., Reid, W. V. et al. 1990. Conserving the World Biological Diversity. IUCN, WRI, CI, WWFUS, The World Bank
- Clive, S. G., van der Aart, Agostoni - Carbone et al. 1992. The complete DNA sequence of yeast chromosome III. *Nature*. 357:38 - 46
- Solbrig, O. T. 1991. From Genes to Ecosystems: A research agenda for biodiversity. IUCN, SCOPE, UNESCO. Cambridge, Mass.
- Watson, J. D., Crick F H C. 1953. Molecular structure of nucleic acid, a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*. 171:737 - 738
- Wayne, R. 1996. Conservation genetics: apply anywhere. *World Conservation*. 1:15 - 17
- WRI, IUCN, UNEP. 1992. Global Biodiversity Strategy. WRI, IUCN, UNEP

## DEFINITIONS, PROGRESS AND NEW CONCEPTS OF GENETIC DIVERSITY

*Hu Zhiang, Wang Hongxin*

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

There exist broad and narrow definitions of genetic diversity in recent literature. Genetic variation which is an ordinary phenomenon has been known since ancient time. Darwin is the first man who treated it in a scientific way and used it to explain species diversity and ecological adaptation. Since then, biology has become a field of science released from religious explanation of life. Genetic diversity constitutes the basis of Mendel law. The history of genetics as well as biology from classical to cytological, biochemical and molecular ones can be labelled by the markers used. Gene concept changed remarkably. Population genetics should adopt new concept of gene. Green revolution partially solved food problem and showed the risk of genetic identity. It also indicated that species maintenance depends on its genetic diversity. Global genetic resources movement has changed into global biodiversity movement recently. Utilization of genetic diversity by biotechnology, especially gene technology claimed that the definition of genetic diversity should be considered in a broad sense. The work of molecular genetics is urgently needed for conservation of genes, species and ecosystems. From our research on ecotones, a new concept, i. e. basic functioning unit of ecosystems, has been suggested and used to understand the development of ecosystems. In the study on roles of biodiversity in ecosystem functioning, much more attention should be paid to gene diversity, i. e. genetic diversity in a broad sense.

**Key words:** Genetic diversity, History, Progress, Definition, Biodiversity science, Basic functioning unit of ecosystem

# 中国作物野生近缘植物及其保护

董玉琛 刘 旭

(中国农业科学院作物品种资源研究所,北京 100081)

**摘要** 作物野生近缘植物往往含有作物本身不具备的抗病虫、抗逆、优质、丰产、细胞质雄性不育等有用基因,是改良作物的重要种质资源。本文列举了一些将野生近缘植物中的优良基因转入作物的事例。作物基因源分类系统是保护和利用作物野生近缘植物的理论基础。本文介绍了小麦、水稻、大豆三种作物的一、二、三级基因源,并指出年轻作物物种的基因源范围较宽,古老物种基因源的范围较窄,原因是前者在遗传上比较活跃,后者在遗传上比较保守。中国国家作物种质库和种质圃共保存各种作物野生近缘植物约2万份。本文着重介绍了起源于中国的主要作物:稻、大豆、粟、黍稷、茶、桑等野生近缘植物在中国的收集和保存情况。提出了进一步保护作物野生近缘植物的建议。

**关键词** 野生近缘植物 基因源 种质资源保护

作物野生近缘植物常常含有作物本身不具备的多种优良基因,是改良作物的重要种质资源。因而,近年来对它的研究、利用和保护日益受到国内外重视。

## 1 作物野生近缘植物在作物改良中的利用价值

一般说来,作物野生近缘植物往往含有作物本身不具备的抗病虫、抗逆、优质、丰产、细胞质雄性不育等有用基因,例如:

### 1.1 抗病虫性

多种作物已从野生近缘植物中引进抗病虫基因,极大地改进了作物的抗病虫性。如小麦已登记抗条锈病基因23个,其中2个来自野生近缘植物;已登记抗叶锈、秆锈和白粉病的基因数及其来自野生近缘植物的相应基因数分别为13/50、10/48和8/26个。从上述四种病中可以看出,小麦栽培品种中的抗病基因有22%来自近缘野生植物。预计未来,野生近缘植物提供的基因比重将更大。水稻的抗草状矮缩病毒基因来自尼瓦拉野生稻(*Oryza nivara*)。棉花的抗黄萎病基因存在于墨西哥野生棉中。此类事例不胜枚举。

### 1.2 抗逆性

野生近缘植物在各种自然生态环境中自生自灭,自然选择使它们具有抗寒、抗旱,以及抗盐碱等各种不良土壤的特性。美国已利用甜根子草培育出抗寒性很好的甘蔗。

### 1.3 优良品质

野生大豆的蛋白质含量,有的高达54%~55%,而北方栽培大豆品种蛋白质含量大都在50%以下。栽培稻品种蛋白质含量一般为8%~12%,国际水稻所已筛选出蛋白质含量为15%的野生稻。普通小麦品种蛋白质含量一般为11%~16%,而野生一粒和野生二粒小麦有的竟达30%左右。棉花的棉籽无毒、无蜜腺及高纤维强度等基因都存在于野生种中。象牙海岸利用光籽棉(*Gossypium thurberi*)与陆地棉杂交培育出纤维强度比一般品种高出一倍的陆地棉品种。此类事例很多。

### 1.4 丰产性

美国用玉米与摩擦禾杂交,再用玉米回交多次,育成的材料,营养体杂种优势极强,作饲料高产。美国用两个野生草莓(*Fragaria* spp.),弗吉尼亚草莓与智利草莓杂交育成的八倍体草莓,产量达80 t/hm<sup>2</sup>。野生种中的丰产基因和杂种优势基因是不可忽视的。

### 1.5 细胞质雄性不育特性

我国首创的杂交稻,其雄性不育的细胞质就来自普通野生稻。正在研究中的杂交小麦,雄性不育细胞质来自提莫菲维小麦或山羊草。

其他,如无融合生殖,染色体自然加倍等基因也大都存在于野生近缘植物中。所以说,野生近缘植物是作物的重要基因来源。

## 2 作物野生近缘植物和作物基因源

作物野生近缘植物指在系统发育上与栽培植物遗传关系较近,已经或有可能通过遗传操作向作物转移基因的那些野生植物,即作物的基因源。

作物的基因源(gene pool)是J.R. Harlan 和 J.M.J. de. Wet (1971)提出的一种作物分类系统。每个作物物种都有自己的基因源。一般说来每种作物的基因源分为三级:一级基因源(primary gene pool),包括该栽培种的各类品种及与该栽培种具有相同基因组的一切野生种、杂草种和原始种,它们与作物杂交能正常结实,并产生生育能力正常的杂种后代,向作物转移基因容易;二级基因源(secondary gene pool),包括具有与作物相似基因组的物种,和多倍体中有一部分基因组与作物相同的物种,当其与作物杂交时产生部分可育的后代,向作物转移基因不容易;三级基因源(tertiary gene pool),不具有与作物相同的基因组并很难与作物杂交,一般均需对杂种F1甚至BC1进行幼胚拯救,向作物转移基因极难,但是可能的。

属于作物基因源范围内的野生植物就是作物的野生近缘植物。作物基因源的范围因作物不同而有差异。一般说来,多倍体物种较二倍体物种基因源范围宽。同时作物中比较年轻的物种基因源包括的范围较宽;比较古老的物种,或系统发育进程慢的物种,其基因源包括的范围较窄。例如:

### 2.1 普通小麦 (*Triticum aestivum*)

普通小麦是一个比较年轻的物种。它是经过野生一粒小麦与山羊草经两次天然杂交及分别两次杂种染色体自然加倍而形成的,具有A、B、D三个基因组的异源六倍体种。文献记载,这个物种的形成距今约有100万年左右。从系统学看,这个物种是较年轻的。它的基因源范围较宽:一级基因源包括普通小麦的各类品种及一切具AABBDD基因组的六倍体栽培种、原始种和杂草种(无野生种)。二级基因源不仅包括小麦属内具AA基因组的二倍体种、具AABB及AAGG基因组的四倍体和具AAAAGG基因组的六倍体种,而且还包括两个作为普通小麦祖先的山羊草属物种—*Sitopsis*组山羊草和粗山羊草(*Aegilops tauschii*)。除上述种属外小麦族内其它种属不具备与小麦相同的基因组,但是山羊草属的另一些种,以及黑麦属(*Secale*)、偃麦草属(*Elytrigia*, *Thinopyrum*)、簇毛麦属(*Haynaldia*)的一些种已有一些优良基因成功地导入小麦,同时,普通小麦已与另外的8个属中的一些种杂交成功。其中小麦×冰草、小麦×多枝赖草、小麦×新麦草、小麦×东方旱麦草是我研究室首次杂交成功的。可望于不久的将来它们的有用基因能导入栽培小麦。小麦族内另外一些属,虽目前尚未与小麦杂交成功,但根据现有技术,杂交成功是有可能的。这样,普通小麦的三级基因源应是小麦簇内除一级基因源和二级基因源以外的种属。由此看来,小麦这个年轻的物种,其基因源包括了整个小

麦族(表 1)。

## 2.2 我国种植的亚洲栽培稻(*Oryza sativa*)

水稻则情况不同。在系统发育中水稻是比较古老的物种,它的形成至今已有数千年乃至 1 亿年。稻属已分化出 20 来个种,其中仅亚洲栽培稻(*O. sativa*, AA)和非洲栽培稻(*O. glaberrima*, AgAg)为栽培种。野生稻中只有两个种,即普通野生稻(*O. rufipogon*)和尼瓦拉野生稻(*O. nivara*)具 AA 基因组。普通野生稻与亚洲栽培稻杂交已育成一些品种在生产上使用;尼瓦拉野生稻的抗草状矮缩病基因已导入亚洲栽培稻。它们是亚洲栽培稻的一级基因源。另外有 3 个种具有已变异了的 A 基因组,即非洲栽培稻(*O. glaberrima*, AgAg)、巴蒂野生稻(*O. barthii*, AgAg)和长药野生稻(*O. longistaminata*, AlAl)。它们较易与亚洲栽培稻杂交(杂交结实率 30%~56%)。它们相互的基因转移是可能的。这些种应属于亚洲栽培稻的二级基因源。稻属的其他种极难与栽培稻杂交,杂交结实率为零、百分之几至十几。它们应为亚洲栽培稻的三级基因源。因此认为,比较古老的物种-亚洲栽培稻的基因源目前只包括水稻属(表 1)。

表 1 小麦、水稻和大豆的基因源

作物	一级基因源	二级基因源	三级基因源
小麦 ( <i>Triticum aestivum</i> )	<i>T. aestivum</i> 属中各类栽培品种, <i>Triticum</i> 属中含 AABBD 基因组的物种	<i>Triticum</i> 属中含 AA, AABB, AAGG, AAAAGG 基因组的物种, <i>Aegilops</i> 属 中含 SS 及 DD 基因组的物种	<i>Triticeae</i> 族中其他物种
水稻 ( <i>Oryza sativa</i> )	<i>O. sativa</i> 中各类栽培品种, <i>Oryza</i> 属中含 AA 基因组的物种, <i>O. rufipogon</i> <i>O. nivara</i>	<i>O. barthii</i> (AgAg), <i>O. glaberrima</i> (AgAg), <i>O. longistaminata</i> (AlAl)	<i>Oryza</i> 属中其他物种
大豆 ( <i>Glycine max</i> )	<i>G. max</i> 中各类栽培品种, <i>G. soja</i>		<i>Glycine</i> 属中其他物种?

## 2.3 大豆(*Glycine max*)

大豆与水稻相似,是古老物种。至今大豆属分化出 14 个种,其中野生大豆(*G. soja*)具有与栽培大豆相同的基因组,是栽培大豆的一级基因源。其他种均极难与栽培大豆杂交,能否属三级基因源尚待研究。目前尚不能说哪一个种是二级基因源。故而栽培大豆的野生近缘植物只包括大豆属的两个种(表 1);大豆属内的遗传关系见表 2。

上述比较年轻的作物(物种)基因源包括的范围较宽,原因或许是该物种从其亲缘种属中演化出来的时间尚不很久,说明其亲缘种属尚处于积极分化和演变中,还不那么保守,因而这些亲缘种属间尚有可能相互杂交和进行基因交流。相反,较古老的物种在遗传上比较保守,较难与其他种属进行基因交流,故而基因源的范围较窄。

## 3 中国的作物野生近缘植物及其保护的情况

众所周知,中国是世界作物起源中心之一,不仅作物种类很多,而且野生近缘植物丰富。近 10 余年来我国组织过一些作物野生近缘植物种质资源考察收集。其中规模较大的有 1978~1983 年的全国野生稻考察,1979~1982 年的全国野生大豆考察,1986~1990 年的全国小麦族植物考察,1986~1990 年期间全国几个生态区的野生牧草考察等等(董玉琛,1995)。截至 1995 年底,在国家作物种质库长期保存的 35 份种质资源中,有约 2 万份为野生近缘植物。其

中粮食作物的近缘植物约 1 万份,油料作物的约 0.64 万份,果、桑、茶的约 0.2 万份,麻类、甘蔗、牧草的约 0.15 万份(郑殿升,1994)。例如:

表 2 大豆属内的遗传关系

种		基因组	基因源
※栽培大豆	<i>G. max</i>	G	○
※野生大豆	<i>G. soja</i>	G	○
	<i>G. arenaria</i>	-	
	<i>G. canescens</i>	A	
	<i>G. clandestina</i>	A <sub>1</sub>	
	<i>G. argyrea</i>	A <sub>2</sub>	
	<i>G. curvata</i>	-	
	<i>G. cyrtoloba</i>	C	
	<i>G. falcata</i>	F	
	<i>G. latifolia</i>	B <sub>1</sub>	
	<i>G. latrobeana</i>	-	
	<i>G. microphylla</i>	B, B <sub>2</sub>	
※烟 豆	<i>G. tabacina</i>	B <sub>2</sub> , AB <sub>2</sub> , BB <sub>2</sub>	
※多毛豆	<i>G. tomentella</i>	E, D, AE? AD	

注:※中国生长的种;○一级基因源

### 3.1 野生稻

中国有 3 种野生稻:普通野生稻(*Oryza rufipogon*)、药用野生稻(*O. officinalis*)和疣粒野生稻(*O. meyeriana*)。从国家作物种质库保存的材料数量看,我国水稻的地方品种有 46820 个,分布在全国 30 个省、直辖市、自治区(上海含江苏内,下同)。而野生稻仅 4447 份,仅分布在两广、海南、滇、闽、赣、湘等 7 省,此外,曾有在台湾桃源发现野生稻的报道。至于药用野生稻仅发现于两广、海南和云南 4 省(自治区)(670 份),疣粒野生稻仅在云南、海南两省采到(44 份)。从地理生态条件看,我国野生稻分布南自海南省崖县—北纬 18°19',北至江西省东乡县—北纬 28°14';西起云南省盈江县—东经 97°56';东达台湾省桃园—东经 121°15',南北约跨 10 个纬度,东西约跨 23 个经度(曹永生等,1995)。在这样广阔的地理范围内,生态条件千差万别,因而野生稻的遗传特性多式多样。普通野生稻多生长于温暖多雨气候区的水塘边。药用野生稻喜生于气候更为温暖湿润,群山环抱的山谷小沟旁,一般栖生地四周有灌、乔木笼罩,地面杂草丛生。疣粒野生稻为旱生,常生长于山坡的灌、乔木下。从它的分布区较窄上可知它对温湿度的要求较高。稻属内的遗传关系见表 3。

### 3.2 野生大豆 (*Glycine soja*)

我国国家作物种质库中保存栽培大豆种质 16879 份,来自全国 30 个省、直辖市、自治区。野生大豆在我国分布极广,除新疆、青海、海南、台湾尚未发现野生大豆外,其他各省、直辖市、自治区均已采到野生大豆。烟豆(*G. tabacina*)和多毛豆(*G. tomentella*)两个多年生野生种仅零星分布于福建省。现国家作物种质库保存野生大豆种质资源 5281 份,其中以东北三省材料最多,晋、陕、闽、豫次之(曹永生等,1995)。野生大豆在我国的分布界限,南起两广北部,约北纬 24° 地带,北至最北国界;西起西藏察隅,约东经 97°E,东至黑龙江抚远,约 135°E;高度自海平面至海拔 2650 m(云南宁蒗)。由此可见其生态多样性之丰富。野生大豆喜湿,多生于河

边、芦苇塘边、排水沟处等潮湿地方。两个多年生野生种生于福建沿海干旱荒坡上(中国农学会遗传资源学会,1994)。

表3 稻属的遗传关系

	种		基因组	基因源
※	亚洲栽培稻	<i>O. sativa</i>	A	○
※	普通野生稻	<i>O. rufipogon</i>	A	○
	尼瓦拉野生稻	<i>O. nivara</i>	A	○
	非洲栽培稻	<i>O. glaberrima</i>	Ag	⊗
	巴蒂野生稻	<i>O. barthii</i>	Ag	⊗
	长药野生稻	<i>O. longistaminata</i>	Al	⊗
※	药用野生稻	<i>O. officinalis</i>	C	●
	澳洲野生稻	<i>O. australiensis</i>	E	●
	短药野生稻	<i>O. brachyantha</i>	F	●
※	疣粒野生稻	<i>O. meyeriana</i>	-	●
	颗粒野生稻	<i>O. granulata</i>	-	●
	小粒野生稻	<i>O. minuta</i>	BC	●
	斑点野生稻	<i>O. punctata</i>	BC	●
	高秆野生稻	<i>O. alta</i>	CD	●
	大颖野生稻	<i>O. grandigluma</i>	CD	●
	宽叶野生稻	<i>O. latifolia</i>	CD	●
	紧穗野生稻	<i>O. eichingeri</i>	C, RC	●
	长护颖野生稻	<i>O. longiglumis</i>	-	●
	马来野生稻	<i>O. ridleyi</i>	-	●

注:※中国生长的种;○一级基因源;⊗二级基因源;●三级基因源

### 3.3 粟 (*Setaria italica*) 和黍稷 (*Panicum miliaceum*)

粟和黍稷皆起源于我国,是我国古代北方人的主要粮食。现我国已收集粟种质资源19773份。分布以晋、冀、鲁、蒙、陕为主,北方各省均多,而南方各省很少。这与粟的抗旱性有关。*Setaria* 属的野生种在我国有4种:青狗尾草(*S. viridis*)、金狗尾草(*S. lutescens*)、棕叶狗尾草(*S. palmifolia*)和皱叶狗尾草(*S. plicata*)(中国农学会遗传资源学会,1994)。它们在我国分布很广,但对其基本上未进行收集和研究。

我国已收集黍稷种质资源5229份,分布在以北方为主的10余个省、自治区,其中山西和陕西各有1000个以上品种(曹永生等,1995)。福建、海南和西藏都有个别品种,因此南方其他各省山区未必不能找到黍稷品种。黍抗旱性极强,且易落粒。在过去的黍产区有野黍子,形态与栽培黍相似,仅植株和籽粒较栽培黍小。此外,我国还有两个野生种,大黍草(*P. maximum*)和旱黍草(*P. trypheron*)。对黍的野生种尚未进行收集和研究。

### 3.4 茶 (*Camellia*) 和桑 (*Morus*)

茶和桑是起源于我国的两种重要经济作物。我国已收集茶种质资源760份,主要是栽培种(*C. sinensis*)多来自长江以南的14个省、直辖市、自治区,在陕、甘、豫南部也有少量栽培。茶种质圃建于杭州中国农业科学院茶叶所。我国茶属的野生种很多,按现在分类为4系30多

个种。分布在北纬30度以南。多样性中心在云南南部。滇桂黔、滇川黔、粤湘赣三省毗邻处也较多。已在198处发现野生大茶树(中国农学会遗传学会,1994)。但是,对茶野生种质的收集和保护很少。

我国已收集桑种质资源508份,主要为栽培种,其中鲁桑(*M. multicaulis*)占50%,白桑(*M. alba*)占43%,广东桑占3%。鲁桑和白桑分布很广,以苏浙、晋、川最多。广东桑只分布在广东。我国有野生桑属植物十余个种,分布在全国各地。目前对它们收集、保护很少。

#### 4 建议

据粗略统计中国的作物约有500~600种。其中约近一半起源于中国。从国家作物种质库保存的材料看,涉及29科,160余属,约500个种。中国的作物野生近缘植物有多少个种,至今不甚清。由于近年来我国经济建设发展很快,对野生近缘植物保护很差,它们正遭受严重破坏。我们建议:第一,尽快进行我国作物野生近缘植物编目。摸清我国作物野生近缘植物的种类及分布,为保护打基础;第二,加强重要作物野生近缘植物的保护。对于野生近缘植物,不仅是保护物种,更重要的是保护其基因。为此需根据有关物种的遗传结构,按生物多样性保护需要,来取样保存,达到尽量减少基因损失的目的;第三,建立重要作物野生近缘植物的原位保存点。如稻、大豆、茶、桑、热带果树等作物有世界意义,希望争取国际组织资助,建立野生近缘植物的原位保存点,以便保护、研究和持续利用珍贵的种质;第四,建议国家科委立项,加强作物野生近缘植物的研究,尤其是用分子生物学技术来研究利用我国的重要野生近缘植物,以使它们在我国,乃至世界的作物改良中发挥应有的作用。

#### 参 考 文 献

- 曹永生,张贤珍,龚高法,李莉编著.1995.中国主要农作物种质资源地理分布图集.北京:中国农业出版社,63,138,154,179,419,423
- 董玉琛.1995.中国作物遗传多样性的保护和持续利用.见钱迎倩,甄仁德(主编).生物多样性研究进展—首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集.北京:中国科学技术出版社,491~496
- 郑殿升.1994.中国作物野生种质资源考察和研究.世界农业.(6):25~28
- 中国农学会遗传资源学会编.1994.中国作物遗传资源.北京:中国农业出版社,59~66,206,228,356,561,581
- Harlan J. R. and de Wet J. M. J. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*. 20(4):509~517

## WILD RELATIVES OF CROPS AND THEIR PROTECTION IN CHINA

Dong Yushen, Liu Xu

(Institute of Crop Germplasm Resources, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Wild relatives of crops possess many genes which can not be found in the crops, such as disease-resistant gene, pest-resistant gene, stress-resistant gene, good-quality gene, high-yielding gene and cytoplasm male sterile gene. These genes are important for crop improvement. Some successful examples for transferring alien genes from wild species into crops are presented in this paper. The classification system of gene pool is a theoretical basis for preservation and use of wild relatives. The system of primary, secondary and tertiary gene pool in wheat, rice and soybean

is also introduced. Moreover, it is pointed out that the range of gene pool is wider in the younger crop species than in the older crop species. The reason for this fact may be that the younger species is genetically more active while the older is more conservative. About 20,000 accessions of wild relatives of various crops have been conserved in the National Crop Gene Bank and the Germplasm Nurseries. The collection and conservation of wild relatives originated from China, such as rice, soybean, foxtail millet, broom millet, tea and mulberry, and their distributions, are reviewed in this paper. Some suggestions for further protection of wild relatives in China are proposed.

**Key words:** Wild relatives, Gene pool, Germplasm resource protection

## 新疆杂草黑麦的遗传多样性\*

陆峻嶠<sup>1</sup> 刘志勇<sup>1</sup> 杨松杰<sup>1</sup> 戚家华<sup>1</sup> 孟卫东<sup>1</sup> 杨欣明<sup>2</sup> 董玉琛<sup>2</sup> 周荣华<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 新疆农业科学院,乌鲁木齐 830000)

(<sup>2</sup> 中国农业科学院,北京 100081)

**摘要** 杂草黑麦国内仅分布于新疆。对采集于不同地区的新疆杂草黑麦从三个方面研究表明,它具有丰富的遗传多样性。(1)对10个居群杂草黑麦的核型和C-带带型研究结果,二者呈多态性;核型多态性表现在随体染色体数目、染色体上次缢痕数目及B染色体数目的变化;C-带带型多态性表现在居群间3R和4R的长臂末端带明显与不明显,1R、3R、5R、6R和7R染色体短臂中间带不稳定带数目变化,2R和4R染色体长臂中间带数目变化及B染色体有无明显带纹。(2)对种植在乌鲁木齐第一年的34个居群杂草黑麦的蛋白质和17种氨基酸分析表明,蛋白质( $CV = 11.6\%$ )和17种氨基酸居群间有较大的差异。在17种氨基酸中,半胱氨酸居群间变异最大, $CV = 28.17\%$ ,甘氨酸居群间变异最小, $CV = 9.09\%$ 。(3)在乌鲁木齐和北京两地对34个居群7个农艺性状研究表明,7个性状居群间变异大小顺序在两地不一致;总分蘖、有效分蘖、小穗数、全穗粒数和千粒重等5个性状居群间变异在两地有较大差异,而株高、穗长两个性状居群间变异在两地差异较小,相对稳定;在乌鲁木齐对31个居群的6个性状方差分析表明,株高、总分蘖、小穗数、全穗数等4个性状居群间变异显著大于居群内变异,有效分蘖和穗长两个性状居群内变异大于群间变异。

**关键词** 新疆 杂草黑麦 核型 C-带带型 蛋白质 氨基酸 农艺性状 遗传多样性

杂草黑麦是普通黑麦的一个亚种(*Secale cereale* spp. *segetale* Host.),在国内分布于新疆,其他省、自治区基本没有。杂草黑麦与普通黑麦的不同之处在于,杂草黑麦穗轴上部1/5~1/3处易断折。杂草黑麦是新疆冬小麦田的恶性杂草,在冻害严重年份,冬小麦大面积冻死,它却安然无恙,且返青后由于生活力旺盛,分蘖多,很快占据整个麦田,当地农民称之为“冰麦”。此杂草黑麦是新疆30年代和50年代从前苏联引进冬小麦良种时带入新疆的,随后由于各地间相互引种和种子土壤遗存而逐渐蔓延扩散,到60~70年代几乎遍布新疆境内的冬小麦田,严重影响着冬小麦的生产。从80年代起,随着新疆农业生产水平的提高,种子生产管理及选种工作的加强,加之一些地区耕作方式改变,如改种春小麦和种植早熟冬小麦(生育期250~260 d,比杂草黑麦短30 d左右),以及冬小麦田轮作倒茬,杂草黑麦急剧减少,目前仅天山北麓木垒至乌苏、中部的伊犁谷地及准噶尔西部山地的塔城盆地尚有分布(陆峻嶠等,1994a)。杂草黑麦是一种很好的小麦抗寒育种种质资源,为了防止其消失,我们于1989~1991年对其进行收集,1992~1994年对采集于不同地区和环境下的杂草黑麦从染色体核型和C-带带型、蛋白质和氨基酸含量变化、7个农艺性状等方面进行研究,发现其具有丰富的遗传多样性。

\* 本研究为国家和新疆自然科学基金资助项目

## 1 染色体核型和 C-带带型的多态性

染色体是遗传物质的载体,是基因的携带者,染色体变异必然导致遗传变异的发生,是生物遗传变异的重要来源。

1994年,我们对10个居群(采集于不同地区)的杂草黑麦进行了核型和C-带带型分析(图1),发现其核型和C-带带型呈多态性,染色体普遍存在着易位和倒位现象(杨欣明等,1994a,1994b)。

### 1.1 核型的多态性

杂草黑麦染色体组 $2n = 14$ ,其核型的多态性主要表现在染色体随体数目、B染色体数目、B染色体数目以及B染色体在不同居群间出现频率的不同(含B染色体植株占全部植株的百分率)等变化上,如不同细胞带随体的染色体为2~6条(图1a,b),其中有两条随体大,其余小;染色体的次缢痕为1~2个(图1a),B染色体出现频率为0~2.2%,频率最高的居群B染色体又有2,4两种数目变化(图1c)。

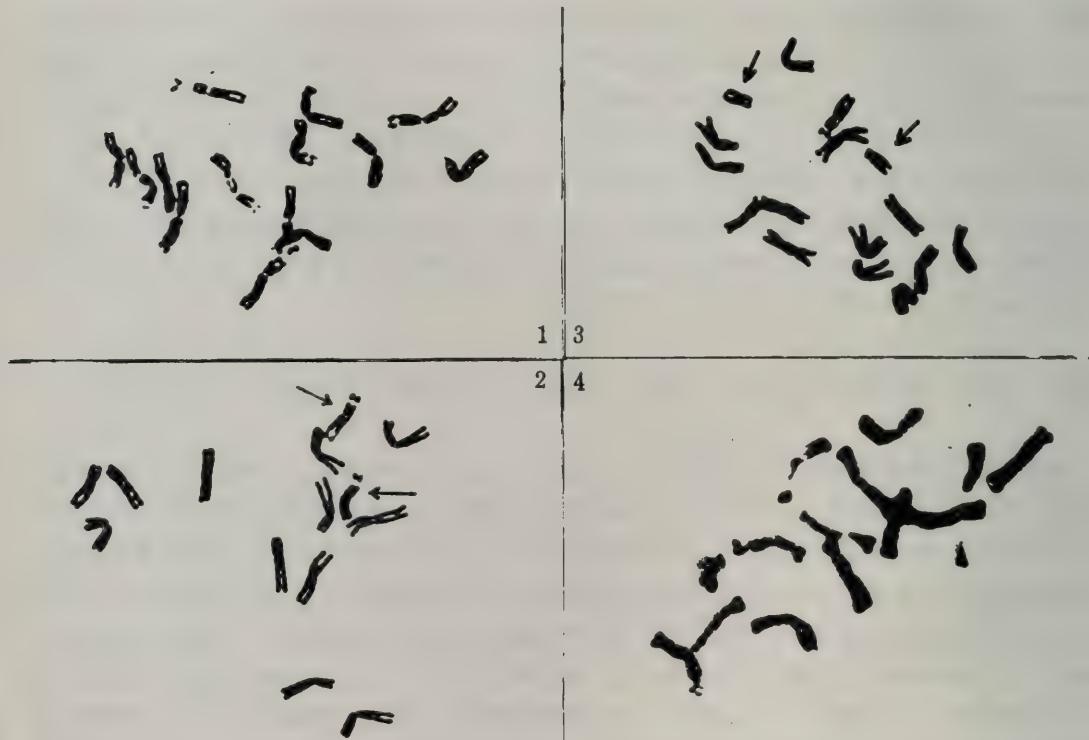


图1 新疆杂草黑麦染色体核型和C-带带型

a 多条染色体有随体和次缢痕的核型;b 两条染色体有随体的核型;c 含 B 染色体的核型;d 染色体 C-带带型

### 1.2 C-带带型的多态性

杂草黑麦居群间的C-带带型多态性,主要表现为3R和4R的长臂末端带明显与不明显、中间稳定带和不稳定带数目不定及B染色体有无明显带纹。其7对染色体带型特征如下:

1R:两臂末端带明显,着丝点带轻微,随体带纹明显,短臂有些居群有一不稳定中间带,有些无,长臂有一稳定中间带。

2R:两臂末端带明显,着丝点带轻微,短臂无中间带,长臂有些居群有一稳定中间带,有些居群无中间带。

3R:短臂末端带明显,长臂末端带有些居群明显但较窄,有些不明显,着丝点带轻微,短臂有1条不稳定中间带,有些无,长臂无中间带。

4R:短臂末端带明显,长臂末端带有些居群明显但较窄,有些不明显,着丝点带轻微,短臂无中间带,长臂有1~2条稳定中间带。

5R:短臂末端带明显,长臂末端带不明显,着丝点带轻微,短臂有些居群有一不稳定中间带,有些无,长臂有一稳定中间带。

6R:两臂末端带明显,着丝点带轻微,短臂上有些居群有一不稳定中间带,有些无,长臂有一稳定中间带。

7R:两臂末端带明显,着丝点带轻微,短臂有1~2条不稳定中间带,长臂有一稳定中间带。B染色体:短臂无明显带纹,有一个居群长臂有较大异染色质端粒带,其它材料无。

表1 新疆杂草黑麦17种氨基酸含量居群间的差异

氨基酸	平均值	变幅	( $\sigma n - 1$ )	CV
天门冬氨酸	0.875	0.634~1.080	0.106	12.15
苏氨酸	0.466	0.308~0.633	0.118	25.36
丝氨酸	0.576	0.332~0.808	0.104	18.08
谷氨酸	4.264	2.718~6.320	0.688	16.15
甘氨酸	0.568	0.516~0.746	0.052	9.09
丙氨酸	0.517	0.414~0.748	0.118	22.88
半胱氨酸	0.273	0.121~0.403	0.077	28.17
缬氨酸	0.634	0.518~0.892	0.083	13.10
蛋氨酸	0.193	0.113~0.325	0.047	24.20
异亮氨酸	0.450	0.341~0.705	0.073	16.32
亮氨酸	0.908	0.673~1.259	0.095	10.41
酪氨酸	0.330	0.264~0.512	0.049	15.09
苯丙氨酸	0.743	0.530~1.026	0.105	14.19
赖氨酸	0.494	0.335~0.619	0.046	9.33
组氨酸	0.276	0.205~0.394	0.033	12.08
精氨酸	0.734	0.445~0.916	0.116	15.82
脯氨酸	1.329	0.669~1.359	0.281	21.14

注:新疆农业科学院中心实验室分析37个农艺性状居群间的差异

## 2 蛋白质和氨基酸含量居群间的差异

1991年对在乌鲁木齐种植第一年的34个居群杂草黑麦籽粒分析结果,蛋白质平均含量为14.1%,居群间变幅为10.20%~20.00%,变异系数为11.6%。对这34个居群的17种氨基酸分析结果,半胱氨酸居群间变异最大,为28.17%,其余依次为苏氨酸、蛋氨酸、丙氨酸、脯氨酸、丝氨酸、异亮氨酸、谷氨酸、精氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、天门冬氨酸、组氨酸、亮氨酸、赖氨酸和甘氨酸(表1)。

蛋白质组成是基因的表现形式之一。由于基因差异和环境影响,同一物种不同居群间蛋白质含量和氨基酸含量会有很大差异。从我们对在乌鲁木齐种植第一年的34个居群籽粒蛋白质和氨基酸含量分析结果业已看出,新疆杂草黑麦存在着丰富的遗传多样性。

1991和1992年对在乌鲁木齐、北京两地种植的34个居群的7个农艺性状测定结果表明,7个性状居群间变异大小顺序,种在乌鲁木齐的为有效分蘖、总分蘖、全穗粒数、小穗数、穗长、千粒重、株高,种在北京的为有效分蘖、总分蘖、全穗粒数、千粒重、穗长、小穗数、株高;总分蘖、有效分蘖、全穗粒数、千粒重等4个性状的变异,种在北京的大于乌鲁木齐,小穗数、穗长、株高等3个性状的变异,种在乌鲁木齐的大于北京;总分蘖、有效分蘖、小穗数、全穗粒数和千粒重等5个性状在两地居群间变异较大,而株高、穗长两个性状在两地居群间变异较小,说明这两个人性状受环境影响小,其他性状受环境影响较大(表2)。

表2 乌鲁木齐、北京两地新疆杂草黑麦7个农艺性状居群间的差异\*

性状	平均值	变幅	$\sigma_{n-1}$	CV
株高	152.0	128.0~168.0	8.36	5.5
	141.6	126.7~165.0	7.22	5.1
总分蘖	22.7	12.0~34.6	4.27	18.8
	24.9	16.0~34.4	5.59	22.5
有效分蘖	18.6	10.0~28.4	3.55	19.1
	17.9	8.0~28.2	4.51	25.2
穗长	12.8	9.5~14.9	1.04	8.1
	13.8	12.0~16.0	1.04	7.5
小穗数	38.0	20.8~45.6	4.18	11.0
	48.1	42.8~55.2	3.13	6.5
全穗粒数	57.4	37.4~65.4	7.92	13.8
	59.9	39.7~81.6	10.42	17.4
千粒重	24.2	19.9~27.3	1.69	7.0
	15.6	12.2~22.9	1.97	12.6

\* 每组数据中,上面数据为乌鲁木齐,下面数据为北京

1991年对从野外采集回来后在乌鲁木齐种植第一年的31个居群各测其5株的株高、总分蘖、有效分蘖、穗长、小穗数、全穗粒数等6个性状,进行方差分析结果,株高、总分蘖、小穗数、全穗粒数等4个性状居群间变异显著大于居群内变异,且株高和全穗粒数达极显著,有效分蘖和穗长居群内变异大于居群间变异(表3)。

表3 新疆杂草黑麦31个居群6个农艺性状方差分析

性状	居群间变异	居群内变异	F值
株高	186.70	72.57	2.57**
总分蘖	106.06	66.10	1.60*
有效分蘖	66.09	53.21	1.24
穗长	2.81	1.92	1.43
小穗数	25.81	15.70	1.64*
全穗粒数	276.06	66.28	4.17**

注:  $F_{0.05} = 1.55$ ,  $F_{0.01} = 1.85$

#### 4 结语

从以上三方面的分析得知,新疆杂草黑麦具有丰富的遗传多样性。另外,我们所作的抗

寒、抗旱、抗病性鉴定表明(陆峻峰等,1994b;杨欣明等,1994a),新疆杂草黑麦抗寒抗旱性极强,高抗白粉病和三种锈病,说明其对环境的适应性强,也表明其遗传特性丰富多采。

### 参 考 文 献

- 陆峻峰等.1994a.新疆杂草黑麦的分布、分类地位及来源.新疆农业科学.(1):24~26  
 陆峻峰等.1994b.新疆杂草黑麦抗寒抗旱性鉴定.新疆农业科学.(4):147~148  
 杨欣明等.1994a.新疆杂草黑麦的抗病性及细胞学研究.新疆农业科学.(3):117~120  
 杨欣明等.1994b.新疆杂草黑麦B染色体遗传行为研究.新疆农业科学.(6):247~251

## GENETIC DIVERSITY OF SECALE CEREALE SUBSP. SEGETALE FROM XINJIANG

*Lu Junjun<sup>1</sup>, Liu Zhiyong<sup>1</sup>, Yang Songjie<sup>1</sup>, Qi Jiahua<sup>1</sup>, Meng Weidong<sup>1</sup>,*  
*Yang Xinming<sup>2</sup>, Dong yushen<sup>2</sup>, Zhou Ronghua<sup>2</sup>*

(<sup>1</sup>Academy of Xinjiang Agricultural Sciencs, Urumqi 830000)

(<sup>2</sup>Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Xinjiang is China's only area where *Secale cereale* subsp. *segetale* has been found to occur. In this paper, materials of this subspecies collected from different regions of Xinjiang were studied to reveal its genetic diversity. The results show that this plant is of a very high genetic diversity. 1) Its karyotype and C banding pattern exhibited some variations. The karyotype variation included the change of the satellite chromosome number, of the secondary construction number and of the B - chromosome number among different populations. The C banding polymorphism was characterized by the presence or absence of telomeric bands on the long arms of 3R and 4R, and by the change of the number of the unstable intercalary bands on the short arms of 1R, 3R, 5R, 6R and 7R, and that on the long arms of 2R and 4R, as well as the presence or absence of C - bands on the B - chromosomes. 2) An analysis of proteins and 17 kinds of amino acids of 34 populations, which had been grown for only one year in Urumqi, show that their contents of proteins (CV = 11.6%) and amino acids (CV ranging from 9.09 to 28.17%) were of remarkable interpopulational differences. 3) A comparative investigation of 7 agronomic characters of 34 populations, which were grown in Urumqi and Beijing respectively, show that the degree of the interpopulational variations was different between the two places. The degree of the interpopulational variations of five characters, including the total tiller, the effective tillering, the spike number, the kernel number per spike and the 1000 - grain weight, exhibited obvious differences between the populations in Beijing and those in Urumqi. The degree of interpopulational variations of two characters, i. e. the plant length and the spike height, on the contrary, was quite similar, indicating these two characters were relatively stable. Based on a variance analysis of six agronomic characters of 31 populations in Urumqi, it was found that the interpopulational variations of 4 characters, i. e. the plant height, the total tiller, the spike number and the kernel number per spike, were conspicuously larger than their intrapopulational variations, while two characters, i. e. the effective tillering

and the spike length, exhibited larger intrapopulational variations than interpopulational variations.

**Key Words:** Xingjiang *Secale cereale* spp. *segetale*, Karyotype, C banding pattern, Protein, Amino acid, Agronomic character, Genetic diversity

# 山葡萄种质资源主要经济性状的研究现状及其展望

葛玉香 沈育杰 李晓红 艾军 增浦

(中国农业科学院特产研究所,吉林长春 132109)

**摘要** 本文简述了国内外山葡萄种质资源的研究概况,着重介绍了中国农业科学院特产研究所 30 多年来山葡萄种质资源主要经济性状的鉴定、评价和利用情况,并对今后山葡萄种质资源研究工作提出了展望。

**关键词** 山葡萄 种质资源 经济性状 鉴定

## 1 前言

当今,越来越多的国家认识到,生物多样性是人类繁衍生存的重要保证(董玉琛,1995)。由于种质资源直接涉及与人们生活息息相关的食物、衣着、卫生、工业原料及畜禽饲料,是生物多样性的重要基础部分,所以种质资源研究便引起了全世界的高度重视。

葡萄作为世界性的重要经济水果,一直是果树当中最有吸引力的类群,在国民经济和人民生活中起着重要的作用(赵天永等,1995)。葡萄生产和科学已取得一系列成果。然而长期以来,对品种选育的基础工作缺乏足够的重视。由于它们可提供给栽培种许多特异性基因,是遗传变异性的源泉,是果树品种改良的基础材料,是抗性和其它某些经济特性的主要种质来源。所以,目前除对栽培亚种继续用于优质育种亲本外,对野生及野生近缘种的收集、鉴定、评论和利用已成了国内外格外关注的热点。

## 2 山葡萄种质资源国内外研究概况

山葡萄(*Vitis amurensis* Rupr.)是葡萄属中最抗寒的一个种,在-40℃可不覆盖越冬。对欧亚种普遍发生的白腐、黑痘等病害有很强的抗性,是培育优质、抗寒、抗病新品种的宝贵种质资源。

山葡萄的天然分布集中在我国东北长白山及小兴安岭山脉,前苏联远东地区和朝鲜半岛亦有分布。据报道,前苏联搜集保存山葡萄种质材料 300 份,开展野生和栽培条件下生物学特性抗寒育种等研究,日本 70 年代末从苏联、南朝鲜引入山葡萄种质,目的在于形成大面积栽培,发展新的酿酒产业(牛立新,1994)。

我国从 50 年代起开始对山葡萄进行系统的研究和开发,经过 40 多年的研究利用,山葡萄培育抗寒、酿造品种和性状遗传方面也取得一系列的研究成果。

中国农业科学院特产所与长白山葡萄酒厂、通化葡萄酒公司、吉林农业大学等单位协作选育出“双庆”、“左山一”、“左山二”、“双优”、“双丰”等一批优良品种初步形成了规模栽培;中国科学院北京植物园、吉林省农业科学院果树所、中国农业科学院特产所等单位用山葡萄和欧亚种栽培葡萄品种杂交,先后选育出“北醇”、“公酿一号”、“公酿二号”、“左红一”等一批品种(林兴桂等,1991;王军等,1996;晁无疾等,1996)。由于在种质资源品种选育、栽培技术以及组织培养方面取得的显著进展,中国农业科学院特产所已成为我国山葡萄研究和利用中心。

### 3 山葡萄种质资源经济性状鉴定评价

40年来,中国农业科学院特产所在兄弟单位的配合下,曾先后数百次对我国东北山葡萄集中分布的几十个市县的山区、半山区进行了资源调查。搜集性状优异的野生山葡萄种质500多份,于1988年建成了面积为2 hm<sup>2</sup>的山葡萄种质圃。现保存种质约400份,是世界上保存山葡萄种质的份数最多面积最大的山葡萄种质资源圃,多年来,先后对山葡萄种质的植物学(艾军等,1995;宋润刚等,1989),孢粉学特征(宋润刚等,1996),生物学(葛玉香等,1995,1996;沈育杰等,1995),细胞学(宋润刚等,1996;艾军等,1995)和遗传特性(尹立荣,1995a;林兴桂等,1993;王军等,1995),以及对不良环境和病虫害的抗性等进行了鉴定评价。现将山葡萄种质资源的主要经济性状研究已取得的结果总结如下。

#### 3.1 丰产性

丰产性作为极其重要的经济性状,其构成性状很多。我们对其中最重要的结实力和光合特性这两个性状进行了分析和评价,结果如表1。

表1 山葡萄种质资源丰产性指标的分析

种类	最大值	最小值	平均数	标准差	变异系数%
结萌芽率(%)	98.95	77.32	90.49	3.77	4.17
结果枝率(%)	99.51	56.74	84.58	7.88	9.31
实结果系数	2.72	1.44	1.90	0.23	12.09
每新梢平均穗数	2.60	0.91	1.63	0.29	17.33
力果穗重(g)	121.70	17.00	62.18	18.93	30.44
光合速率(mgCO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	28.13	11.94	16.44	3.51	21.36

##### 3.1.1 结实力的研究

通过多处的连续调查和选优,对资源圃中196份优良山葡萄种质的结实力进行了系统的鉴定分析,结果发现山葡萄种质露地越冬后萌芽率很高,比欧亚种等栽培葡萄防寒后平均值还要高,平均为90%~49%,这充分说明了山葡萄对冬季严寒条件的适应能力。山葡萄形成结果枝的能力也很强,变异幅度在56.47%~99.51%间,其中有109种结果枝率超过85%,其结果系数亦很高,平均为1.90,而其中有四份种质结果系数均在2.50以上。每新梢平均果穗数平均亦为16.3,有16份种质在2.0以上。不同种质果穗重变异较大,变异幅度在17~121.7 g,但山葡萄98%的种质穗重小于100 g,明显小于栽培葡萄品种。由此可知,山葡萄种质间在诸多与产量有关的性状上变异幅度和程度不同,而以结果系数、每新梢平均果穗数,穗重等性状变异较大,它们是构成山葡萄丰产性的重要性状。通过多年的连续评价,筛选出结果系数和每新梢平均果穗数高的种质16份,穗重大的种质4份,综合性状好的种质3份。

##### 3.1.2 光合特性的研究

光合作用是农产品物质的最初来源,我们在同时考虑降低呼吸消耗和提高经济系数的前提下,通过栽培技术和育种手段以提高其光合效率则无疑是提高产量的重要途径。

我们对有代表性的24份种质的光合速率进行了分析评价,研究了山葡萄田间条件下光合速率日变化规律,不同节位叶片光合速率差异及外界条件对光合速率的影响等,在此基础上确定了取样适宜节位。山葡萄种质光合速率日变化为“中午略低型”,随节位增长,叶片光合速率提高,但光合速率与温度、光强在一定条件下呈显著正相关。山葡萄种质光合速率居11.94~

$28.13 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \text{h}^{-1}$  之间。

### 3.2 果实品质性状的研究

果实品质是又一重要经济性状,由于山葡萄主要是用来培育抗寒、抗病的优良酿酒品种的种质资源,所以我们主要对其外观品质和酿造品质进行鉴别,评定。

#### 3.2.1 果实外观品质性状

我们对山葡萄种质果穗的形状、紧密度、大小、重量、果粒的形状、颜色及粒重,种子的数目、重量等进行了鉴定评价,具体结果见表 2。

表 2 山葡萄种质资源果实外观性状的分析

种类	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数%
果果穗长(cm)	21.75	7.71	12.58	2.17	17.26
果穗宽(cm)	9.67	4.34	6.97	1.07	15.36
果穗大小 (穗长×穗宽 cm <sup>2</sup> )	193.79	36.78	89.28	26.52	29.71
穗每穗粒数(个)	130.33	30.33	75.60	22.78	30.13
果穗重(g)	121.70	17.00	62.18	18.92	30.44
果果粒直径(mm)	14.67	8.25	11.33	1.02	9.01
果粒大小 (粒长×粒宽 cm <sup>2</sup> )	1.69	0.53	1.02	0.19	17.98
粒果粒重量(g)	1.77	0.43	0.88	0.22	24.48
种每果粒种子数(个)	3.83	1.78	2.78	0.55	19.72
子单粒种子重(mg)	41.53	19.52	28.76	5.52	19.19

通过多年的调查发现,山葡萄种内基本穗形有 3 种,其中以圆锥形最多占 67.53%,分枝形次之,圆柱形最旺,果穗紧密度从极松到极紧均有,而以紧密度中者为最多占 47.42%。果穗大小在种质间变异较大,其中穗长的变异幅度在 7.71~21.75 cm 之间,穗宽变异幅度在 4.37~9.67 cm 之间,雌性花比两性花均小。山葡萄种质每穗果粒数也不尽相同,最多的每穗具 151 粒 (086702),最小的每穗仅 22 粒 (73129)。穗重平均为 62.18 g, 变异幅度在 17~121.7 g 之间, 在我们所测的山葡萄种质中仅有 4 份种质穗重高于 100 g, 其余均小于 100 g。

山葡萄果粒基本为圆球形,果皮颜色为黑色,粒径平均为 11.33 mm,粒重平均为 0.88 g,山葡萄大多数种质粒重均小于 1 g。

山葡萄浆果内均有发育充分的种子,但每个果粒种子数各有不同,在所保存的种子中最多的 6 粒,最小的 1 粒,平均为 2.8 粒,大多数种质为 3~4 粒。单粒种子重变异幅度为 19.52~41.53 mg, 平均为 28.76 mg, 有 12 份种质的单粒种子重小于 25 mg。

#### 3.2.2 果实酿酒品质性状

山葡萄主要是用于酿酒,作为育种材料当前也是选育酿酒品种。影响其果实酿酒品质的主要性状有汁液多少、糖酸和单宁含量、氨基酸种类和数量、色素含量等,它们直接影响着酒的综合品质,特别是香型和典型性。

调查的 250 份山葡萄种质中,对其中 184 份种质的糖酸单宁含量,116 份种质的色素含量,32 份种质游离氨基酸种类及含量进行了研究,结果如表 3。

可溶固形物、糖、酸和单宁含量的高低直接影响着酿酒品质,可溶固形物平均为 13.95%,

总酸含量平均为 2.46 g/100 mL, 山葡萄 97.9% 的种质含酸量高于 1.5 g/100 mL, 含糖量平均为 11.01 g/100 mL, 仅有 0.5% 的种质含糖量高于 16 g/100 mL。

色素含量的高低直接影响着葡萄酒的颜色, 葡萄色素含量高, 稳定性好, 是生产天然色素的良好原料。为此我们进行了色素含量的评价, 先后对 116 份种质的评价结果表明, 山葡萄种质间色素含量变异幅度在 20~134 之间, 是高粱色素评价的十余倍。

氨基酸种类及含量不仅对植物生长、成熟和休眠起重要作用, 而且影响酒的发酵速度 (Kliewer, 1969a; Kliewer, 1969b), 所以我们对 32 份种质的游离氨基酸进行了评价。山葡萄种质游离氨基酸含量集中分布在 1700~3500 mg/L 之间, 山葡萄浆果中含六种大量氨基酸, 即苏氨酸 (THR)、丙氨酸 (ALA)、精氨酸 (ARG)、谷氨酸 (GLU)、丝氨酸 (SER) 和脯氨酸 (PRO), 占总氨基酸的 88.79%, 微量氨基酸仅占 0.17%~3.00%, 其中人体必须的 8 种氨基酸约占总量的 39%, 且山葡萄主含氨基酸为苏氨酸。

表 3 山葡萄种质果实酿酒品质的分析

项目	最大值	最小值	平均数	标准差	变异系数 %
可溶固形物 (%)	18.83	7.50	13.95	1.69	12.11
糖 (g/100 mL)	17.70	5.32	11.01	2.18	23.94
酸 (g/100 mL)	3.88	1.42	2.46	0.47	19.26
单宁 (g/L)	1.780	0.114	0.550	0.244	44.47
色价	62.86	6.42	25.31	9.62	37.99
氨基酸 (mg/L)	6819	769			

### 3.3 抗病性的研究

山葡萄最主要的病害是霜霉病, 严重时可导致绝收, 所以我们对山葡萄种质霜霉病的感病性进行了系统研究。采用田间观察室内离体接种、叶片气孔密度观察等多项指标综合评价其感病性, 感病指数在 0.13~0.91 之间, 以“左山一”和“77-7-64”最抗病; 感病性与气孔大小无关, 而与气孔密度呈正相关。工作中可通过气孔密度观察来评价种质对霜霉病的感病级次, 室内接种方法和气孔密度法结合与田间观测结果基本一致。

### 4 对山葡萄种质经济性状的利用

经过几十年山葡萄种质的调查、收集、保存、评价和利用, 各方面取得了一定的进展, 筛选出一批高产、质优、抗性强、酿酒品种如“左山一”、“左山二”、“双丰”、“左红一”等, 多数已在生产上大面积推广应用, 为品种选育提供了大量优良种质, 在性状遗传的研究方面, 如对杂交后代抗寒性、果实性状、花型等性状的遗传, 曾利用的雄花、雌能花及两性花类型种质多达 60 余个, 为遗传多样性的研究奠定了基础。

### 5 对山葡萄种质资源主要经济性状研究的展望

山葡萄种质资源的调查、收集、保存和鉴定已经过数十年的历程, 在利用方面选育出“双庆”、“左山一”、“左山二”、“双优”等品种, 并形成了规模生产, 使我国成为世界保存山葡萄种质份数最多的国家, 也是全世界唯一大面积栽培山葡萄的国家。在利用山葡萄作为抗寒种质的种间杂交育种方面也取得了新的进展, 山一欧 F<sub>1</sub> 与山葡萄重复杂交的 F<sub>2</sub> 中, 已经选育出在 -37.2 ℃ 条件下可不覆盖越冬的酿造干红葡萄酒的新品种“左红一”。山葡萄资源研究利用的进展, 使得山葡萄这个种继欧亚种 (*V. vinifera* L.) 和美洲种 (*V. labrusca* L.) 之后, 跻身于世界葡萄栽培业之中, 但这仅仅是山葡萄种质资源利用的开端。我国葡萄经济栽培区有相

大部分要覆盖越冬,这对葡萄栽培业的发展是一个极大的限制因素。而山葡萄抗寒力极强,自然分布达北纬 $57\sim58^{\circ}$ 的基洛夫城附近仍有野生山葡萄,栽培条件下在北纬 $47\sim58^{\circ}$ (抗寒力极强,在极端低温 $-39.4^{\circ}\text{C}$ 的黑龙江边亦可不覆盖越冬),这一特性应在改良我国的葡萄品种工作中更加充分的加以利用。首先,利用那些果实具有优良性状的酿酒品质,而酒质具独特典型性的山葡萄品系与欧亚种的优良酿酒品种杂交,选育既不覆盖越冬又在品质上独具特色的酿造干红、干白葡萄酒的新品种,使我国葡萄酿酒业有一质的飞跃。其次,用山葡萄作为抗寒种质,选育不覆盖越冬的优良鲜食葡萄品种。这已不是一种可望而不可及的设想,实践证明是可能的。因此充分利用山葡萄抗寒果实品质最接近欧亚种的优良特性,通过育种途径,彻底改变我国葡萄经济栽培区大面积覆盖越冬的现状,将是不久将来的现实,它必将推动我国整个葡萄栽培业以新的面貌出现在世界上。

#### 参 考 文 献

- 艾军等.1995.山葡萄叶表气孔状况与霜霉病的相关性.特产研究.(2):14~15(18)
- 牛立新.1994.世界葡萄生产、科研发展现状.葡萄栽培与酿酒.(3):18~20
- 林兴桂等.1991.山葡萄新品种“左山二”.园艺学报.(3):281~282
- 林兴桂等.1993.山葡萄种内杂交后代的性状遗传.园艺学报.20(3):231~236
- 葛玉香等.1995.山葡萄果实糖、酸、单宁物质含量与分级标准的研究.特产研究.(2):19~22
- 葛玉香等.1996.山葡萄种质资源结实力的研究.特产研究.(2):12~15(18)
- 赵天永,王国英.1995.果树的遗传转化研究—文献综述.中国科协第二届青年学术年会.园艺学论文集.342~347
- 晁无疾.1996.我国葡萄生产、科研发展现状.葡萄栽培与酿酒.(1):1~7
- 宋润刚等.1989.应用同工酶鉴别山葡萄植株性别的初步研究.特产研究.(4):5~6
- 宋润刚等.1996.山葡萄孢粉学的研究.特产研究.(3):5~8
- 沈育杰等.1995.山葡萄不同种质间浆果游离氨基酸种类及含量.特产研究.(3):24~27
- 尹立荣等.1995.葡萄花性的遗传.葡萄栽培与酿酒.(1):16~19
- 王军等.1995.山葡萄抗寒力在种间杂交后代中的遗传.特产研究.(1):7~11
- 王军等.1996.两性花山葡萄新品种—双丰.园艺学报.23(2):207
- Kliewer,W. M. 1969a. Free amino acids and other nitrogenous substances of table grape varieties. *J. Food Sci.* 34:274~278
- Kliewer,W. M. 1969b. Free amino acids and other nitrogenous substances in wine grapes. *J. Food Sci.* 35:17~21

## VISTAS IN THE RESEARCH OF THE MAJOR ECONOMIC CHARACTERS OF THE GERMPLASM RESOURCES OF *VITIS AMURENSIS*

Ge Yuxiang, Shen Yujie, Li Xiaohong, Ai Jun, Zang Pu

(Institute of Special Wild Economic Animal and Plant Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences,  
Zuojia, Jilin 132109)

Researches of the germplasm resource of *Vitis amurensis* at home and abroad were briefly reviewed in this paper. The research on the identification, the evaluation and the application of the major economic characters of this species conducted in the past 30 years in the Institute of Special Wild Economic Animal and Plant Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, was em-

phatically introduced. Finally, a perspective of the future research work is presented.

**Key words:** *Vitis amurensis*, Germplasm resource, Economic characteristics, Identification

# 贵州矮杨梅植物资源的多样性及种质保存试验·

刘 宁 李正芬

(贵州师范大学生物科学技术系,贵阳 550001)

**摘要** 贵州西部是我国特有物种矮杨梅植物的主要分布地。贵州矮杨梅植物资源十分丰富,它不仅在食品、轻工、医疗等方面有综合开发利用的价值,而且在植物个体间有形态上明显的差异,在同一野生状态下产生了果形、果色、叶形、植株性状等分化稳定的多种类型,可视为矮杨梅植物资源多样性的基因库。本文介绍了贵州矮杨梅植物的分布、自然概况、主要变异类型和种质资源保存试验,并对矮杨梅物种的研究意义进行了讨论。

**关键词** 矮杨梅 资源多样性 种质保存 分布

## 1 引言

矮杨梅 (*Myrica nana* Cheval),又称云南杨梅,为杨梅科常绿灌木。该物种仅自然分布于我国云南、贵州西部(匡可任等,1979)、西藏察隅(吴征镒,1989)及四川西昌、会东一带(方文培,1984),为我国特有种。贵州西部山区有丰富的矮杨梅资源,近十年来,为发展地方特色经济,我们在对其开展开发利用基础研究工作中,发现贵州的矮杨梅植物不仅是一种果实产量高、营养成份丰富的林果资源,其根、茎、叶、果内的次生代谢物在食品、轻工、医疗等方面有综合开发利用的价值(贵州中药资源,1992;李正芬等,1992;刘宁等,1995,1996),且该植物个体间在形态上出现了明显的差异,一些地区,在同一野生状态下,产生了果实形态、果色、叶形及植株性状等分化稳定的多种类型。但由于人为活动的破坏和植物自身繁育特性的限制,贵州的矮杨梅植物正逐渐减少,部分地区已近绝灭(李正芬等,1992;肖春旺等,1997)。为保存、发展和有效利用这一野生资源,我们对其主要变异类型进行了形态学和生物学特性等的初步观察及种质保存试验工作。现将结果作一报道,希望能促进对我国这一特有物种开展全面深入的研究。

## 2 自然分布与环境概况

贵州西部是矮杨梅植物的主要分布地,其范围是东经 $103^{\circ}35' \sim 106^{\circ}$ 、北纬 $24^{\circ}54' \sim 27^{\circ}38'$ ,包括省内黔西南地区和黔西北毕节地区的16个县、市,分布区东限为黔西县纸厂,西限与滇东分布相接,南限为兴义县棒炸,北限为毕节县沙粱子。该物种自然分布延伸未跨过赤水河以北、鸭池河和北盘江以东、南盘江以南地区。

垂直分布海拔范围在1000(水城特区发耳乡) $\sim 2500$  m(威宁县黑石头)的山坡、林缘和次生灌丛或杉木林下。其特点是:①越往西海拔越高,分布越多,密度越大,最西的威宁县一带,100 m<sup>2</sup>内矮杨梅生长密度为30~50株,但植株矮小,株高很少超过1 m,果实产量低,品质差;②海拔1500~1900 m范围的缓坡,地势开阔山头为矮杨梅植物的最佳生长带,此区株高多超过1 m,果实产量高,品质好,植株长势旺,变异显著,分化稳定的类型多;③在分布区内

矮杨梅植物有集中连片分布的特点,有的连片分布面积达数十公顷,但集中连片分布与海拔无相关性。

分布区地貌多为高原丘陵或高中山、中山地貌景观。生长地起伏较缓和,相对高差大多在100 m左右、坡度为20~30°、土层较厚的山头。

表1 九种矮杨梅植物变异类型的主要特征

类型	主要特征	俗称及其它
花脸果型	株高0.5~2.0 m;核果圆形,不均匀淡红色,果径1.2~2.0 cm,味酸;6月下旬至7月上旬果熟;叶椭圆状倒卵形,长2.5~5.0 cm,厚革质,叶脉上凹下凸明显	花脸杨咪、酸杨咪,此类型最普遍
小红果型	株高不超过1m;核果圆形,深红或大红色,果径0.8~1.2 cm,味酸;7月上旬果熟;叶形大小同上	小杨咪、杨咪豆
大红果型	株高1.8 m左右;核果圆形,果色同上,果径2.5~3.0 cm,味甜,宜鲜食;6月中、下旬果熟;叶薄革质,叶缘多锯齿,叶大小为花脸果型的2倍以上	大红杨咪、乌梅、火炭杨梅
白果型	株高1.5 m左右;核果圆形、椭圆形,果径2.1~2.8 cm,果白黄色具光泽,果肉柱尖端钝圆具一小黑点或绿点;果味甜,宜鲜食;6月下旬至7月初果熟;叶薄革质,多全缘	白亮杨咪、白水杨咪
鸡喙果型	株高1.5 m左右;核果圆形,粉红或大红色;果肉柱粗细长短不均,果面不平似鸡喙囊,果径2.1~2.8 cm,果面常有花柱宿存,6月下旬果熟;叶形、大小与花脸果型相似,灰绿色	鸡喙杨咪,此类型最少
鸡蛋果型	株高1~1.5 m;核果椭圆形,白绿色,果横径2.6~3.0 cm,纵径2.8~3.2 cm;果蒂膨大呈乳头状,果肉柱细、汁少,味酸涩;7月中旬果熟	鸡蛋果、奶子杨咪;此类型少
青白果型	株高1 m左右;核果椭圆形,深绿色,向光面暗红色,果面具一层白色腊粉,果肉柱细、汁少,有羊屎气味、味酸涩;7月中、下旬果熟;叶大小与花脸果型相似,其上多有紫斑	羊屎杨咪
铺地型	株高不超过0.5 m,枝条纤弱呈莲座状生长,根蘖萌生力强;果多为不均匀淡红色或红色	爬地杨咪、铺地杨咪
小乔木	株高1.8~2.2 cm,根蘖弱,主干明显;果多为大红色	树杨咪

由于受云南高原气候的影响,分布区气候为亚热带高原温凉湿润型,夏凉冬季温和。年均气温10℃~15℃,最冷月1月均温1℃~6.3℃,最热7月均温17.8℃~21.9℃,极端最低温-13.8℃,最高温36.7℃,年降水量1000~1400 cm,年相对湿度81%~85%。分布区土壤多为灰漂黄壤、红黄壤和黄棕壤等,其中主要是高原铁质黄棕壤和酸性紫色土。pH 4~6.2之间,以pH 4.5~5.5的酸性到强酸性土壤中分布最多,中性及碱性土壤中未见分布。

由于人为活动的破坏,分布地原生植被亚热带干湿交替的常绿阔叶林和落叶阔叶混交林基本已不存在,主要呈现的是云贵高原典型的酸性土壤次生植被。在矮杨梅集中连片分布的地区,矮杨梅常为一带山头植物群中的亚优种、优势种或建群种。

### 3 资源的多样性

矮杨梅是一原始的有花植物。据考查,矮杨梅在贵州西部分布历史悠久,一些地区以它命名为乡、村地名,形成了特有的传统植物文化。在长期自然杂交选择过程中,有的地区出现了多个形态变异稳定的复合居群,形成了丰富多样的矮杨梅资源。仅从果实形态、果色或植株性

状等明显分化,且民间有俗称的矮杨梅就可分为9个类型,其主要特征见表1。

## 4 种质保存

### 4.1 野生矮杨梅林地的抚育示范管理

矮杨梅是一种主要靠根蘖营养繁殖的植物,其种子更新的能力很弱。我们曾作过多次种子萌发试验,种子很容易干燥失水而失去活力,事实上种子在木质结构的内果皮中,很难自然开裂而萌发。通过人工处理,摘收半年的种子平均萌发率为42%。在分布地,由于人为对未成熟果进行虐性采摘加工果脯的破坏越来越严重,加上地表杂草高密度作用,在种群中很难找到一株实生苗。矮杨梅又是一种对环境条件要求严格的植物,若迁地保存种质,需要大量的人力物力,且还有待驯化适应的长期过程。因此,利用该物种在贵州分布有集中连片的特点,对野生矮杨梅植物林地进行抚育管理试验,将野生变为家种,是就地保存种质的必要途径。一方面可提高它的繁殖系数,增加物种的丰富度,另一方面可总结一套提高单产和品质,增加经济效益的技术措施,以达到资源永续利用和保护的目的。

1988年,我们选择了贵州水城特区杨梅乡杨梅村湾子约0.8 hm<sup>2</sup>面积的二山头作野生矮杨梅林地抚育管理试验示范基地,根据其生态习性和生物学特征采取了如下管理措施,收到了好的效果:

#### 4.1.1 清园

矮杨梅是一种较耐荫的植物,为此,在基地内我们仅仅砍掉一些非用材林和杂草,保留了松、杉、大杜鹃等用材木和观赏植物。基本维持林地原有景观,既适当改善光照条件,又便于管理。

#### 4.1.2 修剪

根据开花习性确定了修剪的原则和方法。矮杨梅主要的开花习性是:①春、夏、秋梢均能成为结果枝,但同一花枝上,形成花序和结果能力是由上至下依次减弱。②枝条寿命短。植株长到一定高度并结果几年后,上部枝条就逐渐衰老而枯萎,靠地下茎或根颈部萌生新枝更新。植株长到何种高度枝条开始衰老更新与类型有关。有的类型株高仅0.3 m枝条就开始枯萎并萌基枝,有的类型株高1.5 m以上才开始更新枝条,但同一植株的上、中、下和内外部形成花序和结果能力差别不大。

#### 4.1.3 施肥

大多数类型的果实味酸而鲜食口感差,是因为果实的糖酸比值低。根据该植物生育规律和生态习性分析,单从合理施肥的角度采取措施,不仅可使矮杨梅果实产量成倍增加,且品质也可改善。通过对不同生育期施肥,施不同肥料和不同施肥方法的反复试验,其结果是①掌握在植物开花后期至幼果形成期施以N肥为主的速效肥,是促进幼果形成和春梢抽生的关键;②果实膨大期至转色期连续施以2~3次速效P、K肥,可达到保果、提高品质、增加总糖含量的目的;③采摘果实后,追施1次N、P肥配合的多元复合肥,可达到恢复树势、促进花芽分化的目的。

### 4.2 建立种质园基地

1988年在贵州水城特区杨梅乡杨梅村湾子建立了矮杨梅种质园基地,面积约0.5 hm<sup>2</sup>,基地由两部分组成,一部分是进行抚育管理试验的野生矮杨梅林地0.3 hm<sup>2</sup>,另一部分是林地旁水库坎上一空地,约0.2 hm<sup>2</sup>。林地内有多个类型的矮杨梅植物800多株,密度为20~25株/100 m<sup>2</sup>,植株最高1.8 m,最矮0.35 m,雌雄比1:1。1988年8月、1989年2月、1990年3月分

3次向基地空地内移栽了经选择的优良单株13个和补缺类型共295株。移栽前按2.0m×2.5m株行距打穴,穴深70~100cm,并下有厩肥腐熟待栽。移栽植株是定株观察的根蘖分株。移栽1年后,以抽新枝为成活标准计,共成活265株。其成活率分别为85%、91.7%、96.4%;移栽3年后凡成活的植株都开了花,第3年雌株结果率分别为90%、97%、99%。从移栽成活率和结果率看,以每年2、3月份植株抽春梢前移栽效果好。至1995年止,基地内种植了16种不同变异类型的矮杨梅和优良单株共1100株。经过几年的观察,它们仍存在着遗传多样性方面的差异,这正是我们要建立种质园基地的原因之一。

## 5 讨论

5.1 通过多年的野外调查研究和对临近省份有关矮杨梅植物的考查及资料收集,贵州矮杨梅植物资源多样性十分丰富已置信无疑。但该物种种内遗传多样性差异原因和实质还有待进一步深入研究。

5.2 从调查物种分布、生态环境和生物学特性入手,在原生地对该物种进行野生林地抚育管理试验和建立种质园基地,并通过实践总结提高单产品质、增加经济效益的技术措施,是一条值得沿用推广的研究路线。它不仅保护了物种正常发育与进化过程,也保护了物种在原生环境下的生存能力和种内遗传变异性(薛达元等,1995),为矮杨梅物种资源的保存和开发利用提供了广阔前景。

5.3 根据多年的调查研究,矮杨梅是一个正遭受严重破坏而逐渐减少个体的物种(李正芬等,1992;肖春旺等,1997)。按照国际自然和自然资源保护联盟(IUCN)制定的动植物受威胁程度用濒危、渐危、稀有等级划分的参考标准,至今未见对其危害程度的有关认识。根据陈灵芝先生(1994)提出的稀有种是指那些全世界范围内数量很少的类群、洪德元先生(1995)提出的分布窄但居群大为稀有种的概念,我们认为,矮杨梅不仅是我国特有物种,且是一个稀有种。因此,重视和加强对该物种的保护,避免分布区缩小而导致资源多样性的丧失,还有待对它的起源、进化历史、生物学特性、居群结构和动态等进行深入研究(洪德元,1995)。

## 参 考 文 献

- 陈灵芝.1994.生物多样性保护现状及其对策.见钱迎倩,马克平(主编).生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科学技术出版社,13~35
- 方文培(主编).1985.四川植物志第二卷.成都:四川科学技术出版社,5~6
- 洪德元等.1995.植物濒危机制研究的原理和方法.见钱迎倩、甄仁德(主编).生物多样性研究进展.北京:中国科学技术出版社,125~133
- 李正芬等.1992.贵州矮杨梅资源考察.贵州师范大学学报(自然科学版).10(2):19~28
- 刘宁等.1995.贵州矮杨梅鞣质含量的测定.贵阳中医学院学报.17(4):63~64
- 刘宁等.1996.矮杨梅叶精油化学成分分析.贵州师范大学学报(自然科学版).14(2):1~4
- 匡可任(主编).1979.中国植物志第二十一卷.北京:科学出版社,5~6
- 吴征镒(主编).1983.西藏植物志第一卷.北京:科学出版社,470~471
- 肖春旺等.1997.贵州盘县特区矮杨梅种群分布格局的研究.贵州师范大学学报(自然科学版).15(2):8~14
- 薛达元等.1995.中国生物多样性的就地保护.见钱迎倩、甄仁德(主编).生物多样性研究进展.北京:中国科学技术出版社,52~57
- 贵州省中药资源普查办公室.1992.贵州中药资源.北京:中国医药科技出版社,636~637

## GERMPLASM RESOURCE OF *MYRICA NANA* IN GUIZHOU PROVINCE AND ITS CONSERVATION

*Liu Ning , Li Zhengfen*

(Department of Biology and Biotechnology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001)

*Myrica nana* Cheval, a species endemic to China, is mainly distributed in the west of Guizhou Province. This species was found to have distinct differentiation in some morphological characters, such as the shape and the colour of the fruits, the shape of the leaves, etc. In this paper, its geographical distribution, habitats and major variation patterns as well as the results of some germplasm conservation experiments , are reported. In addition, the importance of further studies on this species is also discussed.

**Key words:** *Myrica nana* Cheval, Resource diversity, Germplasm conservation, Distribution

# 中国麋鹿的迁地保护与遗传多样性现状

张林源<sup>1</sup> 陈耘<sup>1</sup> 于长青<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 北京麋鹿生态实验中心,北京 100076)

(<sup>2</sup> 中国林业科学研究院野生动物研究中心,北京 100091)

**摘要** 麋鹿是中国的特产动物,在中国灭绝已有 100 年的历史。19 世纪末从中国流传到国外,多圈养在动物园和庄园中,主要为人工种群。中国从 50 年代开始引进麋鹿数只,未形成规模,到 80 年代才开始进行真正意义上的麋鹿迁地保护工作。1985 年北京南海子和 1986 年江苏大丰分别引进麋鹿 38 只和 39 只,拉开了麋鹿在中国重引进的序幕。1993 年又在湖北天鹅洲建立了麋鹿自然保护区。之后,又被输送到海南、上海、秦皇岛、济南、天津、石家庄等地。麋鹿在中国已形成了三大种群和十几个小种群,总数超过 600。现在,世界上包括中国在内共有 2000 余只,均为 18 只的后代,其近亲繁殖程度很高,曾出现过严重的近交衰退。主要表现在生命力衰退,寿命缩短,畸形个体出现,野性丧失等。但经过几次建群过程和重组过程,使大量有害基因丧失,麋鹿优良性状得以保持和纯合,安然度过“瓶颈”期,近交耐受力增强,逐渐形成了一个较为纯合的现代麋鹿种群。通过对中国现有麋鹿的研究表明麋鹿已充分适应故土的自然环境,生产期、产仔率、成活率以及生命力都有所改变。相信在中国重新恢复麋鹿的自然种群是完全有可能的。

**关键词** 麋鹿 南海子 迁地保护 遗传多样性

麋鹿 (*Elaphurus davidianus*) 是中国的特产鹿科动物。以其脸像马脸,蹄像牛蹄,尾像驴尾,角像鹿角的特殊外部形态被人称为“四不像”。在麋鹿的沧桑历史中,麋鹿数量的变化与战争和环境变化密切关联,其浓厚的传奇色彩引起人们的广泛关注。随着麋鹿在中国重引进的进行,对麋鹿的研究也从历史分布和化石研究逐步发展到生态学、遗传学等多学科领域的研究。麋鹿数量的增加和饲养地点的扩大,使麋鹿迁地保护的研究工作成为我国濒危物种迁地保护研究中最成功的范例。

## 1 麋鹿的历史分布与变化

根据出土的麋鹿角化石和骨骼化石分析,麋鹿在中更新世是一种广泛分布的物种,几乎分布在整个中国的东部地区,包括广东、湖南、湖北、江苏、浙江、江西、安徽、河南、河北、上海、天津、北京、辽宁等地区。现已发现的第四纪麋鹿化石分布在 190 个点上,从中可确认麋鹿的历史分布西达山西的汾河流域,北达辽宁的康平,向南则越过钱塘江到达浙江的余姚,东可达中国东部沿海平原和岛屿。

麋鹿是东亚特有的动物,在地质历史时间上,其存在的时间较短,出现的也较晚,是一种仅局限于第四纪中后期的哺乳动物。麋鹿从更新世开始发展,到全新世中期发展达到全盛。自有人文历史记载以来,商周以后,随着气温逐渐变冷,沼泽等水域明显减少,人类活动的增加以及捕猎工具的进步,造成麋鹿种群迅速衰落。自商周以来,一方面野生麋鹿在自然环境中开始走向灭绝,另一方面人们开始饲养麋鹿。汉朝以后,麋鹿的野生数量日益减少。到明清时期,麋鹿的野生种群数量已小于人工饲养数量,这一时期麋鹿只在长江中下游的泰州、海安和南通

等地有数量很小的种群残留。最后的数百只饲养的麋鹿灭绝于北京南海子皇家猎苑(曹克清,1988)。

## 2 麋鹿的数量变化

麋鹿 1865 年被法国传教士大卫 (David) 发现并带到欧洲,此后十多年来,英、法德、比利时等国用各种手段从中国运出一部分麋鹿圈养于欧洲的许多动物园中。从 1894 年开始,英国乌邦寺主人贝福特公爵从巴黎等动物园中收集了 18 头麋鹿,放养在自己的庄园中,成为当时世界上仅有的麋鹿种群。到 1914 年乌邦寺种群繁殖到 72 只,1944 年达 250 只并开始扩散到世界各国。到 1986 年,麋鹿已被 20 个国家的 160 个地点圈养,总数达 1000 余只。目前,全世界麋鹿总数量约为 2000 只,其中欧洲拥有 1200 多只,占世界总拥有量的 69%;美国的圈养地点最多,达 40 个,占总圈养地点的 51%;中国是麋鹿种群发展最快的国家,1986 年时拥有 71 头麋鹿,1994 年达 477 头,到 1996 年已达 638 头(丁玉华,1995)。

## 3 麋鹿在中国的迁地保护

麋鹿的圈养至少在周朝即已开始,当时只是圈养一些猎民食用不完的麋鹿及幼仔。到元、明、清朝,大规模地饲养麋鹿供皇室贵族打猎。这样,在皇家猎苑中饲养麋鹿和乌邦寺对麋鹿的收集,成为对麋鹿保护的开始。不论当时的目的如何,上述两种收藏形式在客观上起到了对麋鹿的保护作用,使麋鹿逃过了战争和自然灾害侵害而免于灭绝。

麋鹿回归中国始于 1965 年,当时,伦敦动物学会赠送 2 对幼年麋鹿给中国动物学会,1973 年再次赠送 2 对麋鹿饲养在北京动物园。但此时中国的麋鹿由于难产和疾病,繁殖的后代很少,不能形成规模种群(谭邦杰,1982)。真正意义上的麋鹿迁地保护开始于 80 年代。1985 年和 1987 年从英国送回的 38 只麋鹿饲养在北京南海子麋鹿苑的半自然环境中,1986 年江苏省大丰保护区引英国 9 家动物园的 39 只麋鹿放养,从而拉开了麋鹿在中国迁地保护的序幕(宋世孝,1993)。现在,麋鹿在中国故土上经过十多年的再驯化,表现出了良好的适应性,到 1996 年总数已达 638 只,其中在北京南海子麋鹿苑出生的麋鹿就达 250 只。北京南海子麋鹿苑开创了麋鹿重引进的工作,并于 1991 年就已达到了麋鹿重引进第一阶段的目标——在中国恢复拥有 60~80 头麋鹿的麋鹿基础种群。为了减小北京麋鹿的种群压力,同时为完成麋鹿重引进第二阶段目标——恢复自然种群,北京麋鹿苑于 1993 年和 1994 年分两批向湖北省石首天鹅洲麋鹿湿地自然保护区投放共 64 头麋鹿。现在,石首麋鹿自然种群已发展到 112 头。同时,江苏省大丰自然保护区的麋鹿种群也发展到了 268 头。到目前为止,麋鹿在中国已发展出北京南海子、江苏大丰和湖北石首三大种群以及其他城市公园中的十几个小群体。详见表 1。

表 1 麋鹿在中国的饲养地点

地点	数量	地点	数量	地点	数量
江苏大丰	268	海南海口	10	西安动物园	2
北京南海子	150	上海动物园	9	武汉动物园	2
湖北天鹅洲	112	石家庄动物园	7	天津动物园	2
北京动物园	17	山东济南	7	宜昌动物园	2
保定动物园	2	湖北蒲圻	4	合肥	2
襄樊	2	河南信阳	6	苏州	2
上海野生动物园	11	秦皇岛野生动物园	12	海南枫木鹿场	12

## 4 遗传多样性现状

### 4.1 数量遗传学

全世界 2000 只麋鹿均源于英国乌邦寺最初收集的 18 头麋鹿。根据文字记载比较可靠的数据看,最初 18 只麋鹿为 8 雄 10 雌,其中最多有 8 雌 2 雄参加了繁殖。在形成乌邦寺种群之前,欧洲曾出现过明显的近交衰退现象,主要表现在:生命力衰退,直接源于中国、在欧洲圈养的麋鹿平均寿命为 9.7 岁,而其后代之间或后代与亲本之间交配繁殖的个体平均寿命仅为 4.0 岁;性比衰退,生长在良好的自然环境中的麋鹿,其雌性的个体数量应大于雄性的个体数量,而最早在欧洲繁殖的麋鹿雌雄比为 1:2.5,这是由于雄性染色体的杂合性能更好地适应不良环境。中国自 80 年代重引进麋鹿后,麋鹿数量的发展极其迅速,到目前饲养地点已达 21 个,麋鹿总数已达 638 只。麋鹿 1986 年到 1996 年的年递增率为 24.5%,比 1963 年到 1986 年世界麋鹿年递增率(5.9%)提高了 18.6%,比 1983 年到 1986 年世界麋鹿年递增率(9.84%)提高了 14.66%。根据 Foose 推算,1945 年乌邦寺的麋鹿近交系数为 0.16~0.26,1977 年的近交系数为 0.116,目前我国麋鹿的近交系数已达 0.2~0.3。据 Soule 的推算,动物近交系数每增加 10%,整个繁殖能力将下降 25%,但目前我国麋鹿的繁殖能力和生存力均未受到较大影响。

### 4.2 特殊表型性状

#### 4.2.1 难产

难产是麋鹿繁殖中一个突出的问题。在圈养条件下,麋鹿的难产率可达 8%,1985 年前英国乌邦寺麋鹿的难产率为 6%。北京动物园在 1956 年和 1973 年两次共引进 4 对麋鹿,4 只雌性麋鹿中有 3 只因难产死亡或失去生育能力,从而影响了动物园麋鹿种群的发展。北京南海子麋鹿的难产率也经历了一个由高到低的过程,从刚刚引进时的 7.1% 到 1991 年的 2.6%,最终降至 1996 年的 0。

影响麋鹿难产的关键因素是活动量和食物。活动面积小、运动量低、食物能量高引起胎儿和母体肥大,导致难产发生。难产时经过人工助产后存活的雌性麋鹿一般不再生育,即使偶尔怀孕,还会出现难产现象。

#### 4.2.2 性别比例

根据对半散养的麋鹿繁殖的观察,参加繁殖的麋鹿性比为 5 雌:1 雄。在圈养条件下,多数情况下出生仔鹿性比为 1:1;在半散养条件下,出生仔鹿性比为 1:1~1:1.6;在欧洲饲养初期麋鹿出生仔鹿的性比为 1:2.5。根据现有统计资料来看,世界范围内麋鹿的雌雄性比为 2.1:1,但是这不能反映麋鹿出生仔鹿的真实性比,因为在饲养过程中,会出现人为淘汰个体的情况。决定出生仔鹿性别的主要因素是母鹿怀孕前的环境状况,特别是当时的食物条件。当环境恶劣、食物缺乏时,出生的雄性个体较多;反之亦然。无论圈养还是半散养的麋鹿,出生时的性比均没有达到雌性明显多于雄性,这说明我们现有的环境还不是麋鹿生存的最理想环境。

#### 4.2.3 寿命变化

麋鹿刚到达欧洲时的平均寿命为 9.0 岁,在欧洲出生的后代平均寿命为 4.5 岁,早期回归中国的麋鹿,在圈养条件下的平均寿命为 16.4 岁,其中存活最长的为 21 岁。在目前半散养的条件下,71% 的麋鹿寿命已超过 13 岁。这说明麋鹿的寿命经历了一个由长到短又延长的过程。

#### 4.2.4 基因型个体的出现

麋鹿到达欧洲后,在早期的繁殖过程中,曾在德国柏林动物园和英国乌邦寺出现过黄白色个体,这在种群数量有限的当时,比例较大;回归中国后的麋鹿只在南海子麋鹿种群中出现过一只先天无视力的个体,存活2年,雄性但无角,只在头骨生角部位长出骨突,不合群,体型较小、体质较差。这有可能说明麋鹿基因型个体的出现频率下降。

#### 4.3 染色体和蛋白质的多态性

在现存鹿科动物中普遍存在着染色体数目的多态现象,同一物种的染色体数目不同(如中亚马鹿的 $2n = 66$ 和 $2n = 67$ ;梅花鹿的 $2n = 64, 65, 66, 67$ 和 $68$ )。麋鹿的染色体只有一种形态( $2n = 68$ ),因此,现生麋鹿不存在染色体数目多态现象。

另根据对12只麋鹿和21只麋鹿的血浆蛋白聚丙烯酰胺凝胶电泳和电聚焦电泳分析均没有发现明显的多态性。

通过上述分析表明,麋鹿进化程度已经很高,其遗传变异已严重降低,成为一个较为纯合的特化种群。这一结果是由于自然和人为两种因素造成的,其一是麋鹿于中新世早期最早从鹿科动物进化主干上分支,单独进化时间较长。其二是麋鹿在最初进入欧洲后,曾经确实经历了严重的近交衰退,现存的麋鹿经过上世纪末本世纪初的遗传狭窄过程,大量有害基因被清除,随着种群的迅速增长、经过自由竞争等种内调节,使麋鹿的优良性状得以保存,并安然度过“瓶颈”期,耐受近交的能力增强。最后是人为的因素影响,特别是麋鹿在乌邦寺繁衍过程中的人为影响。乌邦寺在其麋鹿种群发展到1945年的250只后开始向外输送,在达到600只时开始人为淘汰毛色、体型、性情和繁殖能力不合人意的个体,因此得以使具有优良品质的个体保存下来。因此我国目前的麋鹿种群是比较纯合的高度特化种群。

### 5 存在的问题及保护对策

麋鹿回归中国后的种群发展是很快的,取得了很大成就,也得到了世界同行的赞许,但同时也存在着很多问题。

#### 5.1 分布点少

中国现有麋鹿饲养地点21个,但对麋鹿种群繁衍有决定意义的只有北京南海子、江苏大丰和湖北石首种群,这三地的自然环境适于麋鹿生存和繁衍,同时这三个地点的种群已经达到一定规模(三地麋鹿的总数量占中国现有麋鹿总数的83.3%)。在动物园中的麋鹿只占中国麋鹿总数的16.7%,种群最大的仅17头,有的只有1~2头,繁殖率低下。三个保护区和大型饲养基地种群发展与动物园小规模饲养有一定的差异(表2)。

表2 饲养形式与种群增长的差异

饲养地点	引进时间 (年代)	种群发展时间 (年)	引进时种群数 (头)	1996年种群数量 (头)	平均年增长率 (%)
北京南海子	1985, 1987	10	38	250(包括输出)	20.73
江苏大丰	1986	10	39	268	21.26
湖北石首	1993, 1994	2.5	64	112	25.09
秦皇岛野生动物园	1994	2	10	12	9.54
海南枫木鹿场	1992	4	8	12	10.67

从表中可以看出,自然放养和半散养的麋鹿年均增长率明显高于动物园等地的小种群。历史上麋鹿分布最北端曾达到辽宁省,而现在麋鹿最北的饲养地点在稍南的北京和秦皇岛。因

此,应适当在北京和秦皇岛以北寻找可能的放养地点进行实验,这种研究对为麋鹿寻找更多的生存环境有重要意义。

## 5.2 疾病影响

麋鹿常见疾病有难产、外伤、出血性肠炎和体外寄生虫等。在圈养条件下(动物园),影响麋鹿繁殖的主要因素是难产;在半散养状态下(南海子麋鹿苑),影响麋鹿种群发展的主要疾病是出血性肠炎,北京麋鹿种群中,因出血性肠炎而死亡的麋鹿数量占总死亡数的90%;在散养状态下(江苏大丰),影响麋鹿种群发展的有可能是体外寄生虫,大丰麋鹿种群中,每年春季100%的麋鹿寄生长脚血蜱。在长江流域淡水环境下散养的麋鹿(湖北石首)是否会受到血吸虫的影响有待研究。

### 5.2.1 难产

麋鹿与其他鹿科动物相比难产率最高(8%)(宋世孝,1993)。麋鹿难产除其本身生理原因外,另一主要原因是因为饲养的圈舍面积太小,应适当扩大圈舍、减少圈舍内麋鹿数量。北京动物园采取的在园外另选地点饲养麋鹿,然后轮换展出个体,这是一个值得借鉴的办法。

### 5.2.2 出血性肠炎

引起麋鹿出血性肠炎的原因主要是因为种群密度过大。大密度种群造成食物严重不足,需要大量的人工补饲,不洁的饲料和水往往引起出血性肠炎。而种群密度过大又使交叉感染频繁发生,因此种群一旦爆发出血性肠炎往往很难控制。

### 5.2.3 寄生虫

麋鹿受长脚血蜱侵害很严重,虽然不会直接造成麋鹿死亡,但如长期找不到良好的解决办法,势必造成麋鹿种群整体的体质下降,最终影响麋鹿种群发展。北京南海子麋鹿苑存在的最大问题是种群密度过大。由于种群密度过大,造成过度放牧,使麋鹿苑的草场出现严重退化,产草量根本不能满足麋鹿过冬需要。每年6~7个月的人工补饲时间,随着种群数量的增长,有不断延长的趋势。以麋鹿为核心的子系统不能进入良好循环,中间环节脆弱,初级生产力低下,动物输入量大、输出量小,使麋鹿几乎处于极端的压力之下。同时,维持子系统的费用逐年递增,已不堪重负。因此,应该调节系统的输出量(如在北京附近再寻找适当的放养地),控制输入量(如适当模拟天敌,淘汰体质较弱的个体),在控制麋鹿种群过度增长的同时,尽快改进麋鹿苑的生态环境(当前最主要的是解决干旱和人为破坏的问题),最大限度地减低种群压力。

## 5.3 人工选择

麋鹿种群延续至今,经历了严格的人工选择。麋鹿回归时虽然已经是一个较为纯合的种群,但其繁殖过程中仍存在遗传变异,因此一味强调种群数量增长是不可取的,应当注重麋鹿种群质量。乌邦寺在其种群发展到600只时开始进行人工淘汰,现在每年淘汰率为25~30%。在有限的生态环境中,应该适当加强人为介入,控制交配,严格淘汰老弱病残个体。

## 5.4 成立协调组织

麋鹿在中国饲养地点较多,每个饲养点相对隔离,造成每个种群长时间近亲繁殖,麋鹿品质退化。因此,需要有一个协调组织来协调交换血统、建立谱系、统计数量等工作,这将有利于麋鹿重引进整体水平的提高。

## 参 考 文 献

丁玉华.1995.世界麋鹿数量及分布.野生动物.(1):42-43

宋世孝.1993.北京南海子麋鹿苑生物多样性保护研究功能初探.自然科学博物馆与环境国际学术讨论会论文集.64-70

谭邦杰等.1982.麋鹿回到北京以后.大自然.(4):21-23

## EX SITU PROTECTION AND GENETIC DIVERSITY OF CHINESE MILU (*ELAPHURUS DAVIDIANUS*)

Zhang linyuan<sup>1</sup>, Chen Yun<sup>1</sup>, Yu Changqing<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Beijing Milu Ecological Research Center, Nanhaizi, Nan Yuan, Beijing 100076)

(<sup>2</sup>Chinese Academy of Forestry Sciences, Beijing 100091)

Milu (*Elaphurus davidianus*) are endemic to China, but they have been extinct there since 1900. In the 19th century, Milu were introduced to some European countries and most of them were fostered in zoos and private gardens, and thus they were represented only by artificial populations at that time. The reintroduction of Milu to China was begun in 1950's, but an attempt to establish a natural population failed. The real *ex situ* protection was begun in 1980's; 38 and 39 Milu were reintroduced to Nanhaizi in Beijing and Dafeng in Jiangsu Province in 1985 and 1986 respectively, and then a nature reserve for Milu was also set up in Tianezhou, Hubei Province in 1993. After that, Milu were also introduced to Hainan, Shanghai, Qinhuangdao, Jinan, Tianjin and Shijiazhuang. Up to date there have been established three main populations and several small populations in China, and the total number of Milu has reached over 600. From the study of the reintroduced population of Milu in China, we found that Milu have adapted themselves to the natural environment in China, and the birth rate and population potential have increased. It is believed that it is possible to establish real natural populations. The karyotype and polyacrylamide gel electrophogram of serum for Milu are also described in this paper.

**Key words:** Milu, *Elaphurus davidianus*, Nanhaizi, *Ex situ* protection ,Genetic,Diversity

## 从植物蜕皮激素看植物次生代谢产物的多样性

邱明华

(中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204)

**摘要** 植物蜕皮激素是植物次生代谢产物中的一小类。本文论述了植物蜕皮激素的结构多样性, 从其结构多样性, 讨论了植物次生代谢产物的多样性。并提出了这样一个观点, 植物次生代谢产物多样性仅仅只是植物遗传多样性的具体表现之一。

**关键词** 多样性 植物次生代谢产物 植物蜕皮激素 结构多样性 遗传多样性

新陈代谢是宇宙间不可抵抗的规律, 生命有机体正是通过其特有的新陈代谢方式呈现出生命活动的缤纷斑斓, 使生物有了多样性和复杂性。植物界也正是如此, 茂密的森林, 艳丽的花朵, 沁人心脾的芳香, 令人恐惧的见血封喉……无不与植物界个体的特殊的新陈代谢过程密切相关。而从微观的角度看, 植物世界也都由化学物质组成, 这里既包括组成植物体的物质, 也包括新陈代谢过程产生的或分解的一系列化学物质, 还包括了对生命活动有特殊作用的化学物质。本文试图通过讨论一些植物次生代谢产物的化学结构多样性, 揭示植物体新陈代谢过程的多样性和复杂性。

### 1 植物次生代谢产物 (secondary metabolic products)

植物体中化学物质种类繁多, 来源不同, 作用不同, 结构不同, 也就可以从不同视角, 有不同的分类和定义。从发育生物学角度看, Zuckerkawdl 和 Pauling 将植物体内有机体分为: 1. 带信息分子 (sementides), 具有遗传性, 如脱氧核糖核酸 (DNA), 核糖核酸 (RNA), 多肽 (polypeptide)。2. 表信息分子 (episemantides), 在基因控制下有酶参与作用而产生, 其本身已无法遗传信息, 如蛋白质, 碳水化合物及脂类及相关产物。3. 无信息分子 (asementides), 不是由植物体直接产生, 不带遗传信息。一般是新陈代谢的末端产物, 植物本身不再利用。表信息分子和无信息分子通常为分子量较小的小分子化合物, 这些虽不能直接表达遗传信息, 但也是特定的信息分子和特异性酶的作用下产生的, 对认识植物本身新陈代谢的特殊过程是有意义的, 而这个特殊过程, 事实上就是它的生物合成过程 (周荣汉, 1988; 王宪楷, 1988)。

植物中化学物质根据代谢的产生过程分为初级代谢产物 (primary metabolic products), 就是植物生命过程中, 获得能量的代谢过程所产生的最基本的、共有的一些成分, 这些成分一般是植物的营养物质, 也是产生次生成分的基础。次生代谢产物 (secondary metabolic products), 就是初级代谢产物进一步代谢后产生的物质; 是代谢的末端产物, 通过降解或合成产生的不再对代谢过程起作用的化合物。本文讨论的次生代谢产物即指这类化合物。还有一类次生代谢产物, 则是受外界刺激或伤害的情况下, 植物体本身应激产生的物质, 这些物质一般情况下在植物体正常的代谢过程中不产生, 或虽有生成, 也是数量极微, 这类化合物被称为植物防卫素 (phytoalexin)。从这个定义我们可以看到植物中初级代谢产物主要有组成细胞壁的纤维素 (cellulose)、半乳多糖 (galactan)、木质多糖 (xylan)、甘露多糖 (mannan)、地衣多糖 (lichenan)、阿拉伯多糖 (araban)、粘胶质 (pectin)、海藻酸 (alginic acid) 等; 以及细胞内溶物

淀粉(starch)、菊糖(inulin)、单糖和低聚糖、树胶(gum)和粘液质(mucilage)、树脂(resins)、植物色素(phyto-pigment)、氨基酸和蛋白质、有机酸和酚酸类(phenolic acids)、植物鞣质(vegetable tannins)、脂酸(fatty acids)与脂肪油(lipids)等。而植物次生代谢产物则主要包括:生物碱、糖和甙、醌类化合物、黄酮类化合物、苯丙素酚类、萜类化合物、甾族化合物等等。而本文的主题化合物植物蜕皮激素则仅仅是甾醇类中对生物界具有特殊意义的极小的一类化合物(周荣汉,1988;王宪楷,1988;Camps,1991)。

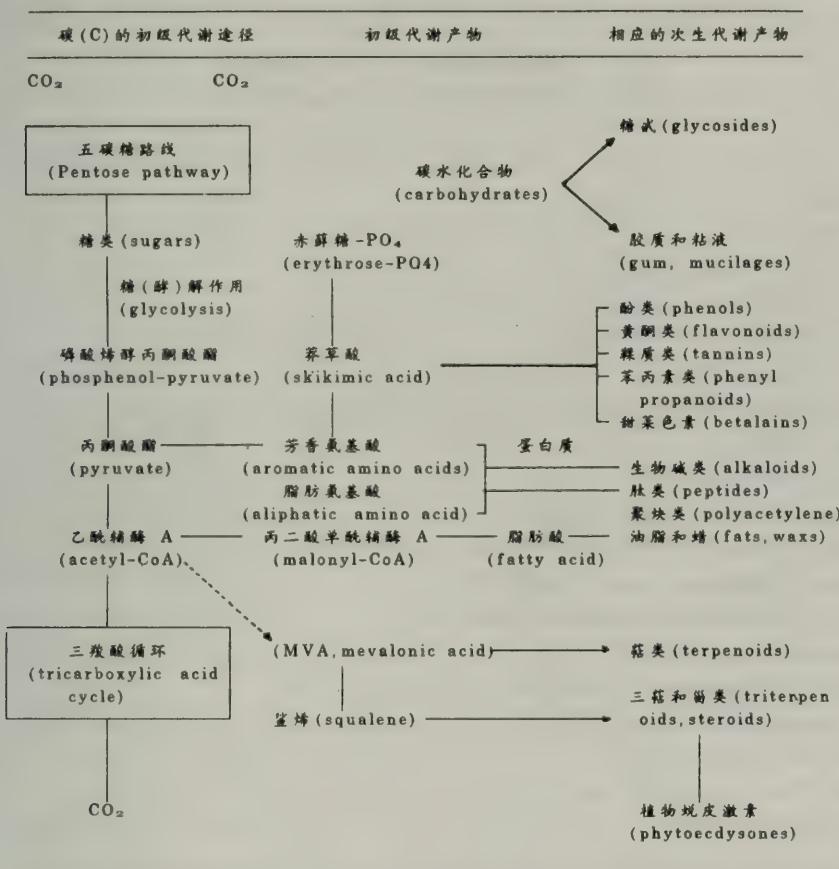


图1 植物代谢产物生源合成途径示意图

## 2 植物蜕皮激素类化合物的生源位置

根据植物生理学研究结果,植物代谢产物的生源途径可用示意图表示出,而植物蜕皮激素类化合物的生源位置便一目了然(周荣汉,1988;Camps,F.,1991)(图1)。甾体中的甾醇类化合物仅仅只是次生代谢产物中的一小类,但对生命活动起着重要作用。而植物中则分布更为广泛,植物甾醇是植物细胞的重要组成部分,常和油脂共存于植物的种子和花粉中。目前已进行化学成分研究的绝大多数植物中,都有 $\beta$ -固甾醇( $\beta$ -sitosterol)和胡萝卜甙存在,可以说植物甾醇(phytosterols)分布于整个植物界,而植物蜕皮激素则指具有与昆虫蜕皮激素结构类似的7-烯-6-酮官能团的一类多羟基甾醇,在植物中分布有一定局限性,作为典型的次生代谢产物没有生理活性;但有不少生态化学家认为,植物蜕皮激素在昆虫界协同进化过程,起着独特的生态化学物质作用,具体作用至今尚不明了。

### 3 植物蜕皮激素的结构多样性及植物界中的分布

蜕皮激素是昆虫的内源激素，在昆虫生理过程中控制其生长发育，促进蜕皮。最初从蚕蛹中分离到了 $\alpha$ -蜕皮激素、 $\beta$ -蜕皮激素，至今从昆虫界得到了七个蜕皮激素类化合物。60年代中期，从台湾罗汉松中发现了具有与昆虫蜕皮激素类似结构的化合物；并发现具有类似的促进昆虫蜕皮的活性之后植物蜕皮激素大量发现，也发现分布较广的 $\beta$ -蜕皮激素和 $\alpha$ -蜕皮激素，至今已从植物界发现了110余种这类化合物。这些化合物结构各异，相当复杂而有趣，但都具有甾核上的7-烯-6-酮的特征结构基团，其结构复杂多样可以从下列化学结构（图2，表1）中，看得非常清楚（周荣汉，1988；Camps，1991；Calcagno等，1995）。

表1 植物蜕皮激素类化合物的化学结构

（下列化合物的结构描述均以 $\alpha$ -Ecdysone为基准）

#### 1. C27型

2.  $\beta$ -ecdysone: 20  $\beta$ -OH
3. Abutasterone: 20  $\beta$ ,24-2O
4. Ajugasterone C: 11  $\alpha$ ,20  $\beta$ -2OH,25-deOH
5. Ajugasterone D: 11  $\alpha$ ,20  $\beta$ -2OH,22,25-epoxy
6. Brahuisterone: 5  $\beta$ -OH
7. Cheilanthane A: 7(8)-2H
8. Cheilanthane A: 7(8)-2H,25-deOH
9. 2-Deoxyecdysone: 2-deOH
10. 2-Deoxyecdysone: 2-deOH, 3  $\beta$ -O-Ac
11. 2-Deoxyecdysone-22-O-benzate: 2-deOH, 22-O-Bz
12. Deoxyecdysone-3-O- $\beta$ -glycopyranoside: 2  $\beta$ -deOH, 3-O-Glc
13. 2-Deoxyecdysone-25-O- $\beta$ -glucopyranoside: 2  $\beta$ -deOH, 25-O-Glc
14. 2-Deoxyecdysone-20,22-acetonide: 2  $\beta$ -deOH, 20  $\beta$ ,22-acetonide
15. 2-Deoxy-20-hydroxyecdysone: 2  $\beta$ -deOH, 20  $\beta$ -OH
16. 2-Deoxy-20-hydroxyecdysone-3-acetate: 2  $\beta$ -deOH, 20  $\beta$ -OH, 3-O-AC
17. 22-Deoxy-20-hydroxyecdysone: 22  $\alpha$ -deOH, 20  $\beta$ -OH
18. 5-Deoxykaladasterone: 20  $\beta$ -OH,  $\Delta$ 9(11)
19. Deoxyviperidone: 2  $\beta$ -, 14  $\alpha$ , 22  $\alpha$ , 25-de-4OH, 5  $\alpha$ -H
20. Ecdysone-22-sulfate: 22  $\alpha$ -O-SO<sub>3</sub>Na
21. 3-Epi-2-deoxyecdysone: 2  $\beta$ -deOH, 3  $\alpha$ -OH
22. 20-Hydroxy-5  $\alpha$ -ecdysone: 20  $\beta$ -OH, 5  $\alpha$ -H
23. 20-Hydroxyecdysone-2-acetate: 20  $\beta$ -OH, 2-O-Ac
24. 20-Hydroxyecdysone-20-O-benzate: 20  $\beta$ -OBz
25. 20-Hydroxyecdysone-22-benzate: 20  $\beta$ -OH, 22-O-Bz
26. 20-Hydroxyecdysone-2-cinnamate: 20  $\beta$ -OH, 2-O-Cin
27. 20-Hydroxyecdysone-3-p-coumarate: 20  $\beta$ -OH, 3-O-p-Com
28. 20-Hydroxyecdysone-3,22-O- $\alpha$ -D-digalactopyranoside: 20  $\beta$ -OH, 3,20-O-diGal
29. 20-Hydroxyecdysone-3-O- $\alpha$ -D-galactopyranoside: 20  $\beta$ -OH, 3-O-Gal
30. 20-Hydroxyecdysone-25-O- $\beta$ -glucopyranoside: 20  $\beta$ -OH
31. 20-Hydroxyecdysone-2,3-acetonide: 20  $\beta$ -OH, 2,3-acetonide
32. 20-Hydroxyecdysone-22-O- $\beta$ -benzate: 20  $\beta$ -OH, 22-O-Bz, 5  $\alpha$ -H
33. 20-Hydroxyecdysone-20,22-acetonide: 20  $\beta$ -OH, 20  $\beta$ -, 22  $\alpha$ -acetonide
34. Inokosterone: 20  $\beta$ -, 26-2OH, 25-deOH

35. Integristerone A:20  $\beta$ -,1  $\beta$ -OH  
36. Integristerone A-22-O- $\alpha$ -galactopyranoside:20  $\beta$ -,1  $\beta$ -OH,22-O-Gal.  
37. Integristerone B:20  $\beta$ -,1  $\beta$ -,5  $\beta$ -OH  
38. Kaladasterone:20  $\beta$ -5  $\beta$ -OH  
39. Muristerone A:20  $\beta$ -,5  $\beta$ -,11  $\alpha$ -OH,25-deOH  
40. Osladin:3-O-Glc-Rha,22,26-epoxy,26-O-Rha,2  $\beta$ -,14  $\alpha$ ,25-de-3OH  
41. Paristerone:20  $\beta$ -OH,2  $\alpha$   
42. Pinnasterol:3  $\alpha$ -,20  $\beta$ -OH, $\Delta$ 4(5),14  $\alpha$ ,25-de-2OH  
43. 14  $\alpha$ -Hydroxypinnasterol:20  $\beta$ -OH,3  $\alpha$ , $\Delta$ 4(5),25-deOH  
44. Pinnasterol-2-acetate:20  $\beta$ -OH,3  $\alpha$ , $\Delta$ 4(5),2-O-Ac,14  $\alpha$ ,25-de-2OH  
45. 14  $\alpha$ -Hydroxypinnasterol-2-acetate:20  $\beta$ -OH,3  $\alpha$ , $\Delta$ 4(5),2-OAC,25-deOH  
46. 14  $\alpha$ -Hydroxypinnasterol-3-acetate:20  $\beta$ -OH,3  $\alpha$ -O-Ac, $\Delta$ 4(5),25-deOH  
47. 22-epi-14-Hydroxypinnasterol-2-acetate:20  $\beta$ -OH, $\Delta$ 4(5),3  $\alpha$ ,20  $\beta$ -,2-O-Ac  
48. Podecdysone B:20  $\beta$ -OH, $\Delta$ 8(9), $\Delta$ 14(15)  
49. Podecdysone B-25-O- $\beta$ -glucopyranoside:20  $\beta$ -OH, $\Delta$ 8(9), $\Delta$ 14(15),25-O-Glc  
50. Podecdysone C:20  $\beta$ -,26-2OH  
51. Polypodine B:5  $\beta$ -,20  $\beta$ -OH  
52. Polypodine B-2-cinnamate:20  $\beta$ -,5  $\beta$ -OH,2-O-Cin  
53. Polypodaurein:20  $\beta$ -OH,25-O-CH3  
54. Polyodosaponin A:3-O-Glc-Rha,22,26-epoxy,26  $\beta$ -OH,2,14,25-de-3OH  
55. Ponasterone A:20  $\beta$ -OH,25-de-OH  
56. Ponasterone B:2  $\alpha$ ,3  $\alpha$ ,20  $\beta$ -OH,25-de-OH  
57. Ponasterone C:5  $\beta$ -,20  $\beta$ -,24  $\beta$ -OH,25-de-OH  
58. Ponasterone C-2-cinnamate:5  $\beta$ -,20  $\beta$ -,24  $\beta$ -OH,2-O-Cin,25-de-OH  
59. Ponasteroside A:20  $\beta$ -OH,3-O-Glc,25-de-OH  
60. Poststerone:20-Ketone(蜕变为 C21 型)  
61. Praemiximisterone:D8(9),2-de-OH  
62. Pterosterone:20  $\beta$ -,24  $\alpha$ -OH  
63. Pterosterone-24-O- $\beta$ -O-glucopyrauositide:20  $\beta$ -OH,24  $\alpha$ -O-Glc  
64. Rubrosterone:17-ketone(蜕变为 C17 型)  
65. Silenosterone:3=O,2-de-OH  
66. Rapisterone B:22  $\alpha$ -de-OH,24,11  $\alpha$ -OH  
67. Sogdysterone:19,20  $\beta$ -OH  
68. Stachysterone A:20  $\beta$ -OH,D12(13),14-CH3  
69. Stachysterone B:20  $\beta$ -OH,D14(15)  
70. Stachysterone C:20  $\beta$ -OH,D24(25)  
71. Stachysterone D:20  $\beta$ -OH,22,25-epoxy  
72. Turkesterone:11  $\alpha$ ,20  $\beta$ -OH  
73. Viperidone:9  $\alpha$ -OH,5  $\alpha$ ,2,14,22,25-de-4OH  
74. Viticosterone E:20  $\beta$ -OH,25-O-Ac  
75. Viticosterone E-22-O- $\beta$ -benzate:20  $\beta$ -OH,22-O-Bz  
76. Vipericidinone:9  $\alpha$ -OH,2,22,25-de-3OH,5  $\alpha$   
77. Gerardiasterone:20  $\beta$ -,23-OH  
  
B-1 C28,C29 型  
78. Ajugasterone B:20  $\beta$ -,27-diOH,D25(26),24  $\beta$ -C2H5

79. Amarasterone A:20  $\beta$ -,26-diOH,25-deOH,24  $\beta$ -C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>  
 80. Amarasterone B:20  $\beta$ -OH,25-deOH,24  $\beta$ -CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH  
 81. Carpesterol:2,14,25-de-3OH,3-O-Bz,24  $\beta$ -C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>  
 82. Dacrysterone:20  $\beta$ -,5  $\beta$ -diOH,24-CH<sub>3</sub>  
 83. 24(28)-dehydromakisterone A:20  $\beta$ -OH,24- = CH<sub>2</sub>  
 84. 24-Epimakisterone A:20  $\beta$ -OH,24  $\alpha$ -CH<sub>3</sub>  
 85. 14-Hydroxycarpesterol:2  $\beta$ -,25-de-2OH,24-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>,5  $\alpha$ -H  
 86. Makisterone A:20  $\beta$ -OH,24  $\beta$ -CH<sub>3</sub>  
 87. Makisterone B:20  $\beta$ -,26-2OH,24  $\beta$ -CH<sub>3</sub>,25-de-OH  
 88. Makisterone C:20  $\beta$ -OH,24  $\beta$ -C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>  
 89. Makisterone D:20  $\beta$ -OH,24  $\beta$ -CH(OH)CH<sub>3</sub>,25-de-OH  
 90. Rapisterone:20  $\beta$ -,23-2OH,24-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>  
 91. Sidasterone A:20  $\beta$ -,26-2OH, $\Delta$ 25(27),24-CH<sub>3</sub>  
 92. Sidasterone B:20  $\beta$ -,26-2OH, $\Delta$ 24(25),24-CH<sub>3</sub>

B-2 侧链具内酯环的:

93. Ajugalactone:12=O,20  $\beta$ -OH,22,26(CO)-Lactone, $\Delta$ 24(25),24-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>  
 94. Capitasterone:20  $\beta$ -OH,22,26(CO)-Lactone,24-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>  
 95. Carthamosterone:20  $\beta$ -OH,24- = CH-COOH,25,29(CO)-Lactone  
 96. Cyasterone:20  $\beta$ -OH,24-CH(OH)CH<sub>3</sub>,25,26(CO)-Lactone  
 97. Cyasterone-22-acetate:20  $\beta$ -OH,24-CH(OH)CH<sub>3</sub>,25,26(CO)-Lactone,22-O-Ac  
 98. Epicyasterone:20  $\beta$ -OH,24-CH(OH)CH<sub>3</sub>,25,26(CO)-Lactone,5  $\alpha$ -H  
 99. Isocyasterone:20  $\beta$ -OH,24-CH(OH)CH<sub>3</sub>,25,27(CO)-Lactone  
 100. 29-Norcyasterone:20  $\beta$ -OH,24-CH<sub>2</sub>OH,24,26(CO)-Lactone  
 101. 29-Norcyasterone-2-acetate:20  $\beta$ -OH,24-CH<sub>2</sub>OH,24,26(CO)-Lactone,2-O-AC  
 102. 29-Norcyasterone-3-acetate:20  $\beta$ -OH,24-CH<sub>2</sub>OH,24,26(CO)-Lactone,3-O-AC  
 103. 29-Norsengosterone:5  $\beta$ -,20  $\beta$ -2OH,24-CH<sub>2</sub>OH,24,26(CO)-Lactone  
 104. Precyasterone:20  $\beta$ -OH,24-CH(OH)CH<sub>3</sub>,22,26(CO)-Lactone  
 105. Sengosterone:5  $\beta$ -,20  $\beta$ -2OH,24-CH(OH)CH<sub>3</sub>,28,26(CO)-Lactone  
 106. 22-Dehydro-12-OH-cyasterone:12  $\beta$ -OH,22=O,24-CH(OH)CH<sub>3</sub>,28,26(CO)-Lactone  
 107. 22-Dehydro-12-OH-sengosterone:5  $\beta$ -,12 $\beta$ -2OH,22=O,24-CH(OH)CH<sub>3</sub>,28,26(CO)-Lactone  
 108. 22-Dehydro-12-OH-29-Nor-cyasterone:12  $\beta$ -OH,22=O,24-CH<sub>2</sub>(OH),28,26(CO)-Lactone  
 109. 22-Dehydro-12-OH-29-Nor-Sengosterone:5  $\beta$ -,12  $\beta$ -2OH,22=O,24-CH<sub>2</sub>(OH),28,26(CO)-Lactone

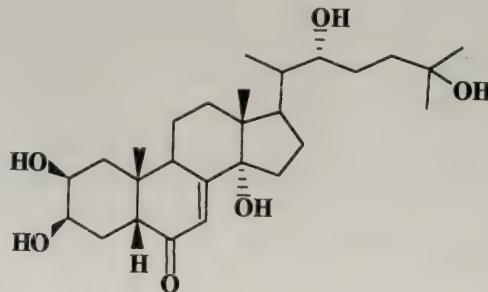


图 2  $\alpha$ -Ecdysone 的化学结构式

表 1 中仅仅罗列了具有 7-烯-6-酮特征基团的 109 个植物蜕皮激素,但其结构多样性和复杂性显而易见:

1. 从碳骨架看:植物蜕皮激素不但有 C27 型的(77个),而且还有 C28,C29 型的化合物(32个)。而昆虫界发现的7个蜕皮激素为C27型,而C28,C29型的植物蜕皮激素仍然有不同程度的昆虫蜕皮活性。

2. 从氧化程度看:含5、6个羟基取代的化合物居多,但也有仅有1个羟基取代的,如 Deoxyviperidone;而氧化程度高的可含8个羟基取代,如 Jugasterone D。而化合物93~109则侧链上氧化成羟酸后脱水形成内酯环。除了14、20这些常见的叔羟基外,甾核上的5,9位也被氧化叔羟基的如 Polypodine B 等和 Viperidone。

3. 从糖甙化看:随着实验条件改进,发现了很多植物蜕皮激素的配糖体(11个),如双边接糖的叁糖甙 Osladin, 双糖甙 Polypodosaponin A, 糖甙接在3位, 22位上的较多, 22位羟基容易接上糖基, 酯基是这类化合物的一个特点。而糖的种类有葡萄糖, 半乳糖, 鼠李糖等。

4. 从双键位置看:烯键在△9(11)和△14(15)而与△7(8)形成共轭双键的较多,如 5-Deoxykaladasterone, Stachysterone B。也有双键△4(5)与6-酮形成共轭的,如 14- $\alpha$ -Hydroxy pinnasterol, Pinnasterol-20-acetate, Pinnasterol 等。而有的则是双键移动到△8(9)与△14(15)形成共轭双键的,如 Podecdysone 及其 25位配糖体。

5. 从酯化看:除了侧链氧化后形成内酯外,外源有机酸,无机酸与会形成这类物质的酯,较常见的除乙酸酯外,还常有肉桂酸酯,如 Ponasterone C 2-cinamate,  $\beta$ -ecdysone-20-cinnamate 等,也会有苯甲酸酯和对羟基肉桂酸酯等,最有趣的是 Ecdysone-22-sulfate, 是  $\alpha$ -ecdysone 在 22 位上的磺酸钠盐;在植物界众多羟基化合物,天然磺酸化的化合物真可谓是微乎其微,而且出现  $\alpha$ -Ecdysone 的 22 位上,是难以想象的。

6. 丙酮缩合物:2,3位羟基和20,22位羟基之间都有丙酮缩合物存在,如 20-Hydroxyecdysone-2,3-acetonide, 20-hydroxyecdysone-20,22-acetonide 就是;基本上具有邻羟基的常见位置都有丙酮缩合物。

植物蜕皮激素在植物界分布非常广泛,迄今为止,超过了80个科植物中发现了这类化合物,而  $\beta$ -蜕皮激素在植物界分布最广,几乎在所有含有植物蜕皮激素的植物中都有发现,在蕨类、裸子植物、被子植物都发现这类物质存在,较为集中存在的植物科属有:

蕨类植物(Pteridophyta): *Athyrium*, *Blechnum*, *Gleichenia*,

*Matteuccia*, *Onoclea*, *Osmanthus*, *Polypodium*,

*Polystichum*, *Pteridium*, *Pteris*, *Woodwardia* 属;

种子植物(Spermatophyta):

罗汉松科(Podocarpaceae): *Dacrydium*, *Podocarpus* 属;

紫杉科(Taxaceae): *Taxus* 属;

番杏科(Aizoaceae): *Sesuvium*, *Trianthema* 属;

苋科(Amaranthaceae): *Achyranthes*, *Bosea*, *Cyathula*, *Gomphrena* 属;

菊科(Asteraceae): *Serrula* 属;

石竹科(Caryophyllaceae): *Lychnis*, *Silene* 属;

鸭跖草科(Commelinaceae): *Cyanotis* 属;

唇形科(Lamiaceae): *Ajuga* 属;

百合科(Liliaceae): *Paris*, *Trillium* 属;

桑科(Moraceae): *Morus* 属;

毛茛科(Ranunculaceae): *Helleborus* 属;

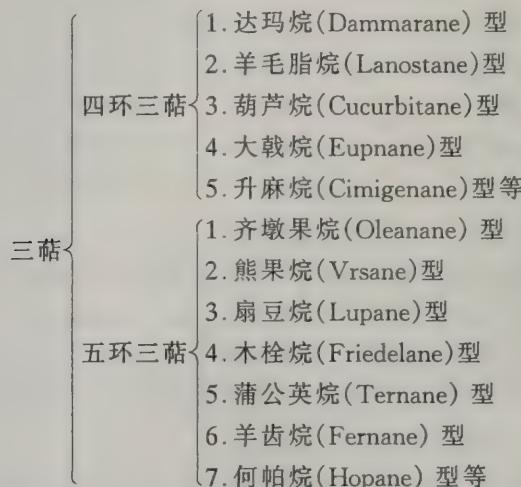
旌节花科(Stachyuraceae): *Stachyurus* 属;

马鞭草科(Verbenaceae): *Vitex* 属;

防己科(Menispermaceae): *Diploclisia* 属

#### 4 植物蜕皮激素的结构多样性是植物遗传多样性的具体表现

植物次生代谢产物是非常复杂多样的化合物类群,不但类型繁多,而且每一大类化合物都可以根据化学的特征骨架,又可以分为各种各样的结构类型,仅以三萜为例,三萜可分为(王宪楷,1988):



这些三萜的骨架类型还仅仅是较为典型的,没有将一些变型三萜骨架列入;而每一骨架类型均有一大堆化合物,可见植物次生代谢产物的多样性和复杂性,而我们选择植物蜕皮激素这么一个小类型来讨论植物次生代谢产物的多样性,则基于以下原因:

1. 植物性蜕皮激素是一类典型的次生代谢产物。所谓典型就是这类化合物在植物中仅仅是次级代谢 (secondary metabolism) 产生的最终产物;到目前为止,没有发现植物生理过程中有任何活性。也有个别报道可作为外源植物生长素(王宪楷,1988;邱明华等,1987)。

2. 这类物质在植物界分布相当广泛,从蕨类、裸子植物、被子植物中都有发现;但又没有作为某一植物类群或科、属的共有特征成分。因而这类成分在植物化学系统学上也没有特殊意义。

3. 植物蜕皮激素作为植物甾醇同类物质,由于植物甾醇作为构成细胞的重要组分,对植物界具有普遍意义。

4. 绝大多数植物蜕皮激素的甾体构型 ( $5\text{-}\beta\text{-H}$ ) 与昆虫蜕皮激素的构型一致;而且除个别化合物具有抗蜕皮活性及没有活性外,绝大多数有昆虫蜕皮活性。虽然目前植物蜕皮激素在化学生态学上的生物意义不十分明了,但这类物质作为昆虫界与植物界协同进化的化学生态物质肯定有十分重要的意义。

植物蜕皮激素的结构多样性,我们可以认为这是植物遗传多样性(中国科学院生物多样性委员会,1992)的具体表现之一,这是因为:

1. 这类化合物已在植物界发现了 110 余个,结构多样复杂,在同一植物内存在的化合物之间,有密切的相关性;而且不论 C<sub>27</sub> 型还是 C<sub>28</sub>、C<sub>29</sub> 型的化合物都有共同的生物合成前体。

这一点我们已在文献(邱明华等,1987)中论证过:Heftmann 等人用<sup>14</sup>C 同位素追踪方法证实了乔形罗汉松(*Podocarpus elatus*),大叶罗汉松(*P. macrophyllus*),水龙骨(*Polypodium vulgare*)中的几种C27型植物蜕皮激素有与昆虫体内的生物合成相同的前体,在植物代谢过程中合成产生的。而C28、C29型植物蜕皮激素,也来源于同一生物合成的前体,通过蛋氨酸在酶作用下将甲基碳加到C27骨架的侧链上产生,在植物体中各种酶的作用下,氧化形成7-烯-6-酮甾体骨架后,以经过一系列氧化、酰化、脱水、重排及糖甙化等生物化合物。这些植物蜕皮激素作为次生代谢产物虽然对植物体的生理过程没起作用,但产生这些化合物的生物合成过程是特定的植物体所必不可少的。毫无疑问,产生的酶和发生的生物合成反应都是在植物中特定基因调控下产生的,即植物体遗传基因的多样性造就了植物蜕皮激素的结构多样性。

2. 含有蜕皮激素类化合物的80余科植物中,与植物蜕皮激素生物合成相关酶及特定生理活性,在这些植物中这些相关基因成为外显子(exon),从植物基因中表达了出来。使我们在已研究出的80余科植物中发现了蜕皮激素类次生代谢产物。但这丝毫不意味着其他植物中没有类似的相关基因,而是由于植物体本身的生理过程特点,相关基因作为内含子(intron)没有表达出来。而植物蜕皮激素与组成细胞构件的植物甾醇生物合成上具有共同前体鲨烯(squalene),因而可以推测蜕皮激素类次生代谢产物的相关基因,可能存在于整个植物界;只是由于遗传多样性决定了,这些相关基因有的作为外显子表达出来,而更多的作为内含子没有表达出来。近来有许多用基因调控植物次生代谢产物产生及含量的研究也证实植物体内次生代谢产物也由植物体内的遗传基因决定,而不是无规律无目的与生理活动无关地产生。这一点也说明植物次生代谢产物是植物遗传多样性的具体表现。

3. 植物蜕皮激素广泛分布于蕨类、裸子植物、被子植物等各种植物类群,但又没有成为一些植物类群特征的次生化产物,从其结构的复杂程度氧化程度看,看不出与植物系统学有关理论有密切相关之处。因而可以这样理解,无论植物蜕皮激素分布在原始的或进化的,低级的或高级的植物中,反映出的仅仅是植物个体生理过程或生物合成中的特殊性,同时间接反映了植物的遗传多样性。

4. 在含有蜕皮激素类次生代谢产物的80余科植物中,虽然相关基因都作为外显子表达出来,但由于植物个体的特异性,产生了一大类结构多样复杂的代谢产物,从其结构多样性可以看出,植物蜕皮激素相关基因的外显子的碱基序列或结构可能基本一致或相类似,但因为各个植物体都有自身特定遗传基因,生理过程也各不相同,生物碱产生的化合物结构也就复杂多样。而广泛分布于植物体的β-蜕皮激素,也因植物体不同而在含量上有很大差异,含量高的可达3%左右,而含量低的则在0.01%以下。从与昆虫界的协同进化来看,可能这类物质具有一定的化学生态学意义;但β-蜕皮激素含量很高的资源植物露水草(*Cyanotis arachnoidea*),地上部分含量仅1.2%,而根部含量可达2.9%,应该说地上部分与昆虫界的关系更为密切,因而这种植物中化学生态意义并不显著,但β-蜕皮激素的存在还是充分反映了露水草植物本身新陈代谢的特点。这些都说明次生代谢产生不论对其他生物(包括植物)有什么生态学意义或其他作用,次生代谢产物本身更主要还是反映了植物体本身的生理活动过程的复杂性;同样反映了植物个体遗传上的多样性和特异性。

从以上讨论可以看出,植物次生代谢产物的多样性和复杂性,直观地表现了植物的遗传多样性。由于目前研究的局限,植物物种多样性已研究得较为充分,而遗传多样性的研究则稍微滞后;不同植物物种的基因多样性研究也是相当复杂的问题,而植物体内次生代谢产物的利用

已有上千年历史,近代的研究也相当充分;我们认为可以利用植物成分分析的复杂性,从一个侧面来了解植物物质的遗传多样性和复杂性。同时也证明自然选择不产生多样性,多样性是生命系统的基本特征和属性(中国科学院生物多样性委员会,1992)。

### 参 考 文 献

- 王宪楷.1988.天然药物化学.北京:人民卫生出版社  
中国科学院生物多样性委员会.1992.生物多样性译丛.北京:中国科学技术出版社  
邱明华等.1987.植物性蜕皮激素的结构相关性及其在植物体中的生物合成途径.云南植物研究.9(1):119-128  
周荣汉.1988.药用植物化学分类学.上海:上海科学技术出版社  
Calcagno, M. et al. 1995. A new family of phytoecdysteroids isolated from aerial part of *Ajuga reptans* var. *atropurpurea*. *Tetrahedron*. 51(44):12119-12126  
Camps, F. 1991. Ecological Chemistry and Biochemistry of Plant Tenpenoids. Oxford:Clarendon Press, 331-376

## EXPLORING THE DIVERSITY OF PLANT SECONDARY METABOLIC PRODUCTS FROM PHYTOECDYSONES

Qiu Minghua

(Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204)

Phytoecdysones represents a small category of the secondary metabolic products from plant kingdom. In this paper, the structure diversity of phytoecdysones was described in great detail, and through intensive analyses of structure diversity of phytoecdysones, the diversity of secondary metabolic products in plants was discussed. It was regarded that diversity of plant secondary metabolic products is only one of the concrete expressions of plant genetic diversity.

**Key Words:** Diversity, Plant secondary metabolic products, Phytoecdysones, Structure diversity, Genetic diversity

## 动物遗传多样性的检测方法

宿兵 张亚平

(中国科学院昆明动物研究所细胞与分子进化开放研究实验室, 昆明 650223)

**摘要** 本文综述了在动物遗传多样性检测中的一些常用技术方法, 包括同工酶电泳、DNA 限制性片段长度多态性分析、DNA 序列分析、随机扩增多态 DNA 分析、多位点的 DNA 指纹图谱分析和单一位点的 DNA 指纹图谱分析等。同时对各类方法的特点、适用范围和局限性进行了讨论。

**关键词** 动物 遗传多样性检测方法 蛋白质 DNA

### 1 前言

生物多样性包含了三个层次的含义, 即生态系统多样性、物种多样性和遗传多样性, 其中遗传多样性是生命世界遗传信息的总和, 蕴藏在地球上植物、动物和微生物个体的基因中, 是生物多样性的本质内容。基因是进化的基本素材, 同时也是进化历史的忠实记录者。因此, 保护物种就是保护进化的历史遗产——一个类群独特的遗传结构和基因库。对于物种遗传多样性的了解不仅有助于保护物种多样性, 同时将使我们对物种濒危的遗传学机制、群体的遗传结构及其变化规律以及物种形成等进化生物学问题有更为深刻的认识。

遗传多样性检测的方法多种多样, 不同的技术从不同角度、不同层次揭示物种的遗传背景信息。自 1966 年 Harris 等采用蛋白电泳技术首次报道了同工酶和蛋白质的多态性以来, 各种新的技术不断涌现, 并逐渐从蛋白质水平深入到 DNA 水平, 如 DNA 指纹图谱、DNA 限制性片段长度多态性 (DNA RFLP) 分析、随机扩增多态 DNA (RAPD) 分析、DNA 序列分析、微卫星 DNA (microsatellite DNA) 分析、单链构象多态 DNA (SSCP) 分析以及变性剂梯度凝胶电泳 (DGGE) 分析技术等。尤其是 80 年代 PCR 技术的发明使遗传多样性的检测更为快速方便。对于珍稀动物已有了所谓“非损伤性 DNA 分析技术”(non-invasive DNA genotyping) (宿兵等, 1996; 张亚平等, 1995; Zhang 等, 1994)。现就各种常用技术的特点和应用范围综述如下。

### 2 同工酶和蛋白电泳技术

蛋白电泳 (protein electrophoresis) 技术是较早建立从基因的产物——蛋白质水平探讨遗传多样性的分析手段 (Smithies 等, 1955; Hunter 等, 1957; Harris 等, 1966)。它根据同工酶 (isozyme) 或非酶蛋白质电荷性质的差异, 在一定的电泳支持介质中 (如淀粉、琼脂糖和聚丙烯酰胺等) 将由不同遗传座位 (genetic loci) 编码或由同一座位不同等位基因编码的酶或蛋白质分开, 从而达到鉴别基因型的目的。

进行蛋白电泳分析对样品的要求较高, 因为需要保持酶的活性。各种组织样品如肝脏、肾脏和血液等都可以作为电泳分析的材料。但是, 要取得肝脏、肾脏组织一般需要杀死动物, 作为遗传监测显然是不合适的。因此, 血液样品是作蛋白电泳的最好材料, 并且每只动物取血 5 毫升左右, 就可以满足 50 个遗传座位以上的分析。

随着蛋白电泳技术的广泛应用, 人们也逐渐认识到它的局限性。如分析的遗传座位的数

量；每一座位等位基因的数量以及作群体水平研究所需的样本个体数量等方面限制。虽然现在能够分析的遗传座位数已超过 100 个，但就整个基因组来说仍是九牛一毛。同时，蛋白电泳的分辨率具有一定的限度，并非所有的氨基酸变异都能从电泳胶上反映出来；并且编码蛋白基因的 DNA 序列的无意突变（即不改变氨基酸序列的变异）也是无法检测的。尽管存在上述的局限性，蛋白电泳作为一种费用相对较低、所需设备简单和操作简便快速的方法，在遗传多样性动态检测方面仍有相当广泛的应用。

### 3 DNA 多态性分析技术

遗传多样性的本质在于遗传信息的载体—DNA 的多样性，因此随着分子生物学技术日新月异的发展，DNA 水平的研究越来越受到重视，相关的技术也受到人们的青睐。DNA 分析具有以下几方面的优点：1) 我们研究的是基因型，而不是通过表型去推测基因型；2) 根据我们的研究目的，我们可以从浩如烟海的 DNA 序列中提取我们所需的遗传标记（genetic marker），如进化速率不同的基因、遗传方式不同的基因等；3) 从分析方法来看，各种类型的 DNA 基本上是通用的。4) 从技术上来讲，我们已能从非常微量和异常陈旧（保存 100 年以上）甚至很古老（几千万年直至上亿年）的样品中提取 DNA 并进行分析。尤其对于珍稀濒危动物可以在不伤害动物的情况下达到分析的目的，如从毛发中提取 DNA 进行分析等（宿兵等，1996；Plante 等，1987；Paabo 等，1989；Morin 等，1994；张亚平等，1996）。

#### 3.1 DNA 限制性片段长度多态性分析 (DNA RFLP)

DNA RFLP 是 80 年代发展起来的 DNA 多态分析技术。其基本原理是基于限制性内切酶对特异 DNA 序列的识别、切割的特性。通常限制性内切酶的识别序列为 4~6 个核苷酸。目标 DNA 被特定的限制性内切酶完全消化后将断裂为一定大小和数量的片段。如果特定限制性内切酶的识别序列发生突变，结果是将失去这一切点；同样，DNA 的突变也可能产生新的切点。这两种 DNA 的变异都使酶切片段的大小和数量产生变化，并在电泳过程中表现出来。

线粒体 DNA（核外基因组，母系遗传）和核糖体 DNA（核基因组，孟德尔遗传）是较适合进行 RFLP 分析的 DNA 分子（Brown 等，1983；Wilson 等，1985；Avise 等，1986；Hillis 等，1988；Moritz 等，1987），也是目前 RFLP 分析中采用最多的分子。RFLP 技术广泛应用于群体水平的遗传多样性分析，如群体内和群体间的遗传变异度、群体间基因流的评价、有效群体大小的确定、生物地理格局的形成历史以及谱系和亲缘关系的分析等等。它的优点是分析的 DNA 片段相对较大，基因数目相对较多，操作简便且费用比序列分析低得多。近年来，采用部分酶解和双酶解的技巧，可以作出 RFLP 的精细图谱。另一方面，RFLP 也有其本身的局限。首先，RFLP 的分辨率具有一定的限度，并非所有的变异都能检测，只是在内切酶识别位点上的变异才能检出。对于核糖体 DNA 来说，编码区是相当保守的，一般不作为遗传标记。间隔区是检测遗传变异的区域，但这一区域的长度变异可能带来误差。对于 mtDNA 来说，母系遗传的特性是它的优点，即没有重组的发生使我们能够很清晰地追踪母系；但作为遗传多样性的标记，由于没有重组，使整个线粒体 DNA 的信息量只相当于核基因中具有多个等位基因的一个同工酶座位（这一座位同其它座位不连锁）。这样由 mtDNA 估算的基因多样性值其标准差会比有多个核基因蛋白座位得出的值大。此外，从样品的来源上，RFLP 技术需要大分子量的 DNA，如提纯的线粒体 DNA 等。因此，进行 RFLP 分析通常需要组织样品提取足够的 DNA。

#### 3.2 DNA 序列分析

自 Sanger 发明链终止法测定 DNA 一级序列以来（Sanger, 1977），DNA 序列分析的方法

一直在向花费更低、操作更简便、自动化程度更高的方向发展。尤其是 PCR 技术(多聚酶链式反应)的出现(Mullis 等,1987),使测序中以前颇为繁琐的步骤—DNA 模板的制备大大简化,也使测序技术在珍稀动物遗传多样性检测的应用方面更具可操作性。无疑,DNA 一级序列是最为直接的遗传信息,也是遗传多样性的根本体现;另一方面,就信息量的大小而言,DNA 一级序列也是最大的,人的单倍体 DNA 就有 109 碱基对,有些生物则可达 1011。在 DNA 序列分析方面已经有相当多的所谓通用引物(universal primers),它能在一系列物种的同源片段扩增中使用。如脊椎动物中扩增线粒体 DNA 细胞色素 b 基因、12SrRNA 基因和控制区的通用引物等。目前,DNA 序列分析的唯一缺点仍是费用较高,虽然由于技术的更新使测序的费用已大为下降,但仍比其它的 DNA 分析技术的费用为高。另外,在进行多基因座位的分析是受花费和时间的双重限制,但全自动 DNA 序列分析技术和仪器的发展大大缩短了获取 DNA 序列的时间。在样品的要求方面,DNA 序列分析方法适用性最强,毛发、皮张、粪便、血迹甚至化石等都能作为分析的样品。

### 3.3 随机扩增多态 DNA 分析技术 (RAPD)

RAPD (randomly amplified polymorphic DNA) 技术是利用 PCR 的原理,采用较短的随机序列引物,通常为 8~10 个碱基的长度,对生物基因组 DNA 进行随机扩增。此方法由 Williams 和 Welsh (1990) 首先提出。RAPD 具有以下特点:首先,无需知道受试有机体基因组的 DNA 序列,因而能应用于所有的生物体;第二,绝大多数的 RAPD 标记为孟德尔式遗传;第三,由于所用引物较短且序列随机,因此能够提供大量的遗传标记;第四,RAPD 的操作很简便且费用相对较低。鉴于以上的特点,自此技术发明以来,在遗传多样性的检测方面得到了广泛的应用,尤其在寻找和建立遗传标记方面。RAPD 技术的缺点包括:1) 对于随机扩增产生的 RAPD 标记我们不知道它在基因组中的位置和承担的功能;2) RAPD 无法分辨纯合子和杂合子,因为就随机引物的某一识别位点来说,无论纯合子还是杂合子均能通过 PCR 扩增出相应的片段。再者,RAPD 的稳定性受扩增条件的影响较大,如不同的 PCR 仪、不同的退火温度等。在样品的要求上,RAPD 同 RFLP 的要求相同,需要高质量的总 DNA 样品。

### 3.4 多位点的 DNA 指纹图谱 (DNA finger printing) 分析

经典的 DNA 指纹图谱是以基因组中的较短重复序列(又称小卫星 DNA)作为标记检测遗传变异的手段(Jeffreys 等,1985)。由于重复序列拷贝数的高变异性,采用相应的探针所获得的杂交图谱就象指纹一样因人而异。因此,在动物的遗传多样性检测尤其是亲子鉴定、谱系确定中有较广泛的应用。DNA 指纹图谱有以下几个特点:1) 多位点性。研究发现,基因组中有上千个卫星 DNA 位点,其中有些位点含有相同或相似的核心序列。2) 高变异性。3) 简单而稳定的遗传方式。Jeffreys 等通过家系分析证实,DNA 指纹能够稳定的从上一代遗传给下一代,遵守孟德尔遗传规律。由于基因突变而产生新谱代的机率仅有 0.1%~0.4%。此外,DNA 指纹图谱还具有体细胞稳定性,由同一个体不同来源的组织如血液、肌肉、精液和毛发等得到的图谱是一致的。但组织细胞的病变或 DNA 甲基化等也会导致个别条带的不同。多位点的 DNA 指纹的主要问题是:1) 在作群体水平的分析时,我们无法知道个体间共享的条带是否来自同一个遗传位点,由此将产生误差;2) DNA 指纹谱带的分辨率有一定限度;3) DNA 指纹如 RAPD 一样无法区分纯合子和杂合子。此外,对于研究复杂的交配系统,如社会性的动物,在技术上、理论上和统计方法上仍存在一定的困难。在样品要求方面多位点的 DNA 指纹适用性也较广,在一定限度内对微量样品也能分析,但对陈旧样品(DNA 已降解)则无能为

力。

### 3.5 单一位点的 DNA 指纹图谱-微卫星 DNA 分析技术

微卫星 DNA (microsatellite DNA) 是由 2~6 个核苷酸组成的重复单位串联排列形成的 DNA 序列。微卫星在真核生物基因组中发生的频率约为每 10 kb 的 DNA 序列中至少有一个微卫星 (Tautz 等, 1989)。大多数微卫星的长度小于 200 bp。1986 年 Ali 等首次将微卫星用于人的 DNA 指纹分析, 从而开创了微卫星 DNA 指纹分析的新领域。微量 DNA 提取技术(如从毛发和陈旧皮张中提取 DNA) 和 PCR 技术同微卫星分析技术的结合进一步促进了微卫星 DNA 指纹技术的发展, 并极大地扩充了应用范围, 使我们能够对像黑猩猩这样的社会性动物的社会结构、遗传结构、基因流以及系统发育关系等一系列的行为生态特征和遗传机制进行较为深入的探讨 (Morin 等, 1994)。同时, 微卫星技术在谱系确立和亲子鉴定中的应用大大提高了分析的精度 (Zhang 等, 1994)。当然, 每一种技术都会有其自身的局限, 微卫星 DNA 分析技术最大的局限在于其物种的相对特异性, 即其在基因组中的分布以及微卫星两端作为 PCR 扩增引物的序列常常因不同的物种而异。因此, 我们针对某一物种进行分析以前, 首先要克隆出该物种的若干微卫星 DNA。近缘的物种间有时可以通用, 如由人的微卫星 DNA 序列设计的引物可用于黑猩猩的分析中 (Morin 等, 1994)。但很多情况下需要从头做起。在样品的适用范围方面, 由于采用 PCR 技术, 单一位点的 DNA 指纹可以对包括陈旧样品在内的多种样品进行分析。

总之, 技术的多样化和不断发展使我们有了更多的手段, 上面所介绍的技术只是现有技术的一部分, 也是在遗传多样性研究中较为常用的技术。

### 参 考 文 献

- 宿兵等. 1996. 中国黑冠长臂猿的分子系统学研究. 中国科学. 26:414~419
- 张亚平, 王文, 宿兵等. 1995. 大熊猫微卫星 DNA 的筛选及其应用. 动物学研究. 16:301~306
- 张亚平. 1996. 非损伤性亚洲黑熊分子遗传学研究. 动物学研究. 17:253~258
- Avise, J. C. 1986. Mitochondrial DNA and evolutionary genetics of higher animals. *Philos. Trans. R. Soc.* 312:328~334
- Brown, W. M. 1983. Evolution of animal mitochondrial DNA. In M. Nei and R. K. Koehn(eds). *Evolution of Genes and Proteins*. Massachusetts: Sinauer, 62~88
- Harris, H. 1966. Enzyme polymorphism in man. *Proc. Roy. Soc.* 164:298~310
- Hillis, D. M., and S. K. Davis. 1988. Ribosomal DNA: Intraspecific polymorphism, concerted evolution, and phylogeny reconstruction. *Syst. Zool.* 32:63~66
- Hunter, R. L. and Markert, C. L. 1957. Histonchemical demonstration of enzymes separated by zone electrophoresis in starch gels. *Science*. 125:1294~1295
- Jeffreys, A. J., V. Wilson and S. L. 1985. Thein. Hypervariable "minisatellite" regions in human DNA. *Nature*. 314:67~73
- Moritz, C., Dowling, T. E. and Brown, W. M. 1987. Evolution of animal mitochondrial DNA: Relevance for population biology and systematics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18:269~292
- Morin, P. A., Moore, J. J. and Woodruff, D. S. et al. 1994. Kin selection, social structure, gene flow, and the evolution of chimpanzees. *Science* 265:1193~1201
- Mullis, K. B. and F. A. Falloona. 1987. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalyzed chain reaction. *Meth. Enzymol.* 155:335~350
- Pääbo, S. 1989. Ancient DNA: Extraction, characterization, molecular cloning, and enzymatic amplification. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 86:1939~1943
- Plante, Y., Boag, R. T. and White, B. N. 1987. Nondestructive sampling of mitochondrial DNA from voles. *Can. J. Zool.* 65:175~

180

- Sanger, F. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 74:5463-5467
- Smithies, O. 1955. Zone electrophoresis in starch-gels: Group variation in the serum proteins of normal individuals. *Biochem. J.* 61: 629-641
- Tautz, D. 1989. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers. *Nucl. Acids Res.* 17:6463-6471
- Welsh, J. et al. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids. Res.* 18:7213-7218
- Williams J. G. K., Kubelik A. R., Livak J., Rafalski A., Tingey S. V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acid Research.* 18:6531-6535
- Wilson, A. C., R. L. Cann, S. M. Carr, et al. 1985. Mitochondrial DNA and two perspectives on evolutionary genetics. *Biol. J. Linnean Soc.* 26:375-400
- Zhang, Y. P., Ryder, O. A. 1994. Noninvasive giant panda paternity exclusion. *Zoo Biol.* 14:569-573

## MEASUREMENT METHODS FOR GENETIC DIVERSITY OF ANIMALS

Su Bing, Zhang Yaping

(Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

In this paper, we introduced the methods commonly used in analyses of genetic diversity of animals, including protein electrophoresis, DNA RFLP, DNA sequencing, randomly amplified polymorphic DNA, multi-site DNA finger-printing and microsatellite DNA. Additionally, evaluations of all the methods were given on their characteristics, applicability and limits.

**Key words:** Animal genetic diversity, Detection methods, Protein, DNA

# 分子生物学技术在遗传多样性研究中的应用

何文珊 陆键键

(华东师范大学河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

**摘要** 本文分析、讨论了分子生物学技术, 特别是电泳分析技术、限制片段长度多态性(RFLP)技术、聚合酶链式反应(PCR技术、随机扩增多态DNA(RAPD))技术和DNA序列分析技术在染色体多样性、蛋白质多样性和DNA多样性三个遗传多样性的主要研究领域中的应用、进展和展望。

**关键词** mtDNA RFLP技术 PCR技术 RAPD技术 DNA序列分析 遗传多样性

生物多样性是衡量可再生资源的一个重要量度。它可简单表述为“生物之间的多样化和变异性及物种生境的生态复杂性”。它把生态系统、物种或基因的数量和频度这两方面包含在一个组合之内(McNeely, 1992; Kresovich 等, 1992)。对生物多样性进行广泛而深刻的研究是生物多样性保护的重要基础。

生物多样性的概念不仅包括种的数目, 更注重种与种之间的差异程度。遗传多样性正是着力于从分子水平研究种与种之间的差异程度(Williams 等, 1991)。它是指生物个体基因内的遗传信息总和, 反映了种内同一种群内及不同种群间的遗传变异, 是物种以上水平生物多样性的重要来源。

所有的遗传变异都发生在分子水平, 所以, 分子生物学技术的发展为遗传多样性研究提供了大量的新工具。本文将从染色体多样性、蛋白质多样性和DNA多样性三个方面来探讨分子生物学技术在遗传多样性研究中的应用。

## 1 染色体多样性

研究染色体多样性的实验很早就见于对果蝇(*Drosophila* sp.), 瓢虫(*Harmonia* sp.) 研究的报道, 尤其是前者的倒位多态现象(葛颂等, 1994; 胡志昂等, 1994)。对染色体多样性的研究集中于对有丝分裂中期其形态和着丝点位置的观察。只要有动物机体的实验材料(血液、骨髓、皮肤、精巢等), 再利用各种方法(Q带法、C带法、G带法、R带法等)就能根据染色体上的条纹形态的不同, 以相当正确地判别每一条染色体。这个方法已用于大部分家畜的种间亲缘关系的研究(如牛、羊、猪、马、鸡和雁科)(Ferguson-Smith, 1995)。染色体变异的各种方式在研究中受到了重视, 因为倒位、重组等都会导致基因型的改变(Schimenti, 1995)。Aswathanarayana 等(1994)发现, 由于罗伯逊易位与臂间倒位, 使得印度蝗虫的种内多样性十分丰富。Salvado 等(1994)通过对蚊子染色体的研究, 发现转座因子对昆虫种群的差异性和生物多样性有重要作用。转座因子可通过单纯的DNA复制机制表现出来, 对于出现频繁的还可通过RNA转录表现出来。许多转座因子都有编码潜力, 能进入染色体。但是, 选择压力和进化已经确定了原有染色体与这些DNA序列的关系。转座因子只能偶尔由于遗传或染色体突变等原因得以表达。当它们一旦被表达, 就会得到复制, 编码, 种内交配也有助于这种因子的扩散。如在一种蚊子(*Juan retropsonis*)的染色体中, 由于转座因子被复制而形成一个独特的种群, 而

且这个种群已扩散到了全世界。在另一种蚊子 (*Culex pipiens*) 中, 这种事件导致了该种对杀虫剂的抵抗力。由于转座因子可以影响该虫体的生物性, 所以, 它也可用于研究和控制害虫的遗传多样性的发展。利用以上手段也可迅速观察到生物在受污染(核污染和化学污染) 环境中所发生的染色体异常现象。

性染色体也被用于动物的染色体多样性研究。Y 染色体遵循了父系遗传方式, 可用于调查物种的父系起源, 如对普通黄牛和瘤牛的 Y 染色体着丝点的研究(兰宏等, 1993)。

随着细胞学技术的发展, 对染色体的研究更加深入了。每一条染色体都是一个庞大的 DNA 分子, 如哺乳动物的染色单体是由三十亿个 DNA 碱基对组成(Schimenti, 1995)。利用杂交位点荧光法(FISH 法)可决定一个基因在染色体上的位置。这是一个很灵敏的方式。它可以使小至 1 个碱基, 大至整条染色体都被染色, 以利于检测种间杂交的染色体和染色体重排现象(Weier 等, 1995; Ferguson-Smith, 1995)。这个技术的关键是探针的置备和实验周期的选择。探针通常是染色体特异的 DNA 探针。在实验周期选择方面, 一般多选择细胞分裂中期, 也有选择细胞分裂间期(Eastmond 等, 1995)。Wagner 等(1995)通过 FISH 法, 利用(GGAT)4 探针对 3 种濒临绝种的鹰(白尾雕、金雕、秃鹫)进行个体的确认和来源的检验, 这也是跟踪鸟类飞行线路和确定地区内鸟类多样性的一个方法。另外, 脉冲场凝胶电泳法(PFGE 法)也是用于检测染色体 DNA 的极灵敏的方式, 可确定一个限制位点上的多态性, 可直接同时检出 DNA 和染色体的异常(Smith 等, 1994; Steinkamp-Zucht 等, 1995)。

## 2 蛋白质多样性

蛋白质多样性的研究中常见的方法是酶/蛋白质电泳分析。这项技术的精度随着电泳胶的不断创新及双向电泳的出现而增高。目前多采用聚丙烯酰胺凝胶电泳(PAGE)或双向电泳。动物的血清和肌肉等都可用于分析酶/蛋白质(胡志昂等, 1994)。

Burnett 等(1994)通过异型酶电泳分析方法得到了 7 个多态的酶座位, 发现在长达 1765 km 的大堡礁中采集的珊瑚虫(*Paalythoa caesia*)虽属已被描述过的几个种, 但遗传差异性极小, 标准遗传方差  $F_{ST} = 0.010$ , 地理隔离未产生特别的遗传差异。所以, Burnett 等认为变异是幼虫阶段随机选择的作用, 不是长期以来种间生殖隔离的结果。Yu(1995)用了异型酶电泳数据分析方式探讨了地理隔离对台湾的三种小型啮齿动物 *Apodemus semotus*, *Niviventer culturantus* 和 *Microtus Kikuchii* 的影响, 认为种群的地区性分布与创立者事件有关。Blanquer 等(1992)也用此法对广布于欧洲的两种比目鱼进行了调查。

除了异型酶之外, 同工酶和等位酶也是常被用作分析的。聂龙等(1995)对 30 头独龙牛 41 种蛋白质共计 44 个遗传座位的等位酶进行了分析, 认为贡山县和福贡县的独龙牛群体的遗传多样性很低, 推断可能是分别由小种群引种而来, 受到瓶颈效应的作用, 并伴随了创立者事件的发生。Lavery 等(1995)采用此法对 *Birgus latro* 的 10 个种 7 个多态的等位酶座位进行了调查, 发现印度圣诞岛的种与所有的太平洋的种不同, 认为这是由于地理隔离所造成的。而太平洋地区的群体是一个随机交配的群体。同样, 顾少华等(1992)以此发现了地理隔离造成了黑果蝇(*D. pvirilis*)的几个群体间基因频率的分布和遗传距离方面有显著差异。对同工酶的研究也很多。如 Huang Shong 等(1993)利用淀粉凝胶分离了淡水红树林中招潮蟹的同工酶, 发现  $F_{ST} = 0.085$ , 基因漂变很高, 种群的遗传结构受了穴居地点的影响。

## 3 DNA 多样性

由于 DNA 重组技术的进步, 对 DNA 的研究更多地应用于对遗传多样性的估计和评价。

近年来出现的新方法有线粒体 DNA 限制片断长度多态性技术 (mtDNA RELP)、聚合酶链式反应技术 (PCR)、随机扩增多态 DNA 技术 (RAPD) 和 DNA 序列测定技术等 (Vassart, 1995)。这里将讨论研究中常见的一些方法。

### 3.1 mtDNA RFLP 技术

RFLP 技术是 80 年代兴起的一种 DNA 分析技术。它的原理是:物种的基因 DNA 在限制性内切酶的作用下产生大量大小不等的 DNA 片断,再用放射性同位素标记的 DNA 作探针,把与被标记的 DNA 相关的片断检测出来,从而获得多态性图谱。由于长期进化的结果,使不同种或同一种的不同亚种间在同源染色体的 DNA 序列上产生很大差异。这个差异要大于由数量性状决定的差异 (杨隽等,1996)。

mtDNA 为环状闭合的超螺旋结构,分子大小在 16.5 kb 左右,较易分离、纯化,mtDNA 呈母系遗传、不发生不等交换、重组、倒位、易位等现象,其基因组织结构简单,稳定,一级结构的碱基突变率却很高,进化速率约为单拷贝核 DNA 的 5~10 倍。各个物种的 mtDNA 大小不一。动物中 mtDNA 环都是一样的。所以,mtDNA 研究已被较多地用于动物种群遗传结构和遗传多样性研究 (兰宏等,1995)。

对 mtDNA 研究较多采用 RFLP 技术,即提取,纯化 mtDNA,酶切及电泳,获得酶切图谱。王文等(1994)与陈伟京等(1994)分别据此考察了银额果蝇 (*Drosophila albomicans*) 的遗传分化和群体迁移现象。前者从 RFLP 结果中检出了 34 种限制性类型,再用位点法求出了各对限制性类型间的遗传距离值,根据所得的遗传距离值进行了聚类分析,将银额果蝇分为了东部、中部和西部三个较为独立的群体。后者基本方式相同,但着重分析了 1991 年迁入上海的果蝇群体的种内多态性,以此推断该群体来自中国大陆南部的多个群体,而不是某一个群体。

牛的 mtDNA RFLP 也得到了较多的研究。兰宏等(1993)发现昆明黑白花奶牛的 mtDNA 与云南黄牛的相似,而云南黄牛则出现了两种 mtDNA 分子,一种是普通黄牛的类型,一种是瘤牛的类型。重要的是,这一发现说明了习惯上以外观(牛的肩峰)作为牛生态种鉴定的指标是不合适的,此外,兰宏等也发现大额牛 (*Bos frontalis*) 的起源与瘤牛有关。这些都是遗传多样性研究对物种以上各水平多样性研究的一个重要补充。

此外,赵玮等(1994)利用 mtDNA 的 RFLP 研究了中国貉 (*Nyctereutes procyonoides*) 的遗传分化情况。兰宏等(1995)采用 mtDNA RELP 技术,从分子水平上对我国西南地区家猪的遗传多样性进行了评估,检出有 6 种不同的限制性类型。并且,从 mtDNA 的低变异数度看到了遗传多样性的贫乏,提示西南地区的猪起源于一个共同的祖先。Elisworth 等(1994)采用 mtDNA RFLP 在北美草原松鸡 (*Genus tympanuchus*) 中发现了一个独特的 mtDNA 限制性片断,又发现了一些异型酶与限制性位点在基因漂变中已丧失。他们的实验预示了遗传变异与种的命名之间缺乏一致性,并且认为雄性成体的全身羽毛,噪音和求偶行为会随着 mtDNA 或异型酶的变异而演变。诸如此类的实验在近年来已有不少报道。

如果在同种不同亚种的动物之间进行 mtDNA RFLP 实验,采用相同的限制性内切酶,则各实验的结果就有很好的可比性。陈伟京等(1994)在 4 个果蝇群体的实验中,采用了与何朝珍和青冢正志博士研究吉隆坡等地的 5 个果蝇群体所用的相同的 7 种酶,从而可以比较所有群体的系统树。此外,限制性内切酶的选用也直接影响了实验结果的好坏。

利用 RELP 技术可检测到丰富的多态性,且不受生物发育阶段和其生活环境的影响,但 mtDNA RFLP 技术也有其不足之处。实验中克隆可表现基因组 DNA 多态性的探针较为困难

(杨隽等,1996),工作量大(需要酶切,标记,分子杂交),成本高,由放射性标记带来了一定的安全性问题,而且实验需要动物内脏组织,这就需要捕获和杀死动物。这对于保护物种是不合适的,对一些数量上已处于“瓶颈状态”的稀有物种更是不可取的方法。

### 3.2 PCR 技术

PCR 技术可以弥补 RFLP 技术的不足。PCR 技术即通过 DNA 聚合酶酶促反应,快速体外扩增特异 DNA 序列。PCR 技术经过变性、退火和延伸约 30 个循环就可在 2 小时内将靶 DNA 扩增数百万倍。操作简单,快捷,特异性好,灵敏度好。PCR 技术无需分子杂交,电泳,分析限制性染色体图谱或克隆,即可进行遗传聚类分析。Fennton 等 (1995) 通过核糖体 DNA 的 PCR 分析,对来自不同地区(波兰、芬兰、美国)的螨 (*Cecidophyopsi*) 进行了分类。PCR 技术可以从动物的痕迹遗留物中获得遗传信息,如毛发、皮肤、粪、尿等。通过检测这些残留物中的高度变异序列,可鉴定特异个体。即使是对于腐败组织的 DNA,仍可利用 PCR 技术检测到目的 DNA。PCR 的这一特性可用于估计稀有动物的局部群体大小或个体的地理范围,也可估计一地区的遗传多样性(如利用某地区内的鸟粪测定该地区的鸟类的遗传多样性)。这种非创伤性采样法不会干扰研究对象的正常行为,深受生物保护学家的欢迎。

PCR 技术对于测定历史上的遗传多样性是十分有用的。对于一些已绝种、又被以标本形式保存在博物馆中的单位,可通过 PCR 技术获得其 DNA 序列资料,典型的例子如袋狼和斑驴。对于在冰川、琥珀中遗留下来的几万年乃至几十万年前的生物,通过 PCR 技术可再建其基因库。古 DNA 的研究有利于探讨现有生物的起源及生物间的亲缘关系。

小卫星 DNA 即简单顺序 DNA,如  $(AT)^n/(TA)^n, (ATT)^n/(TAA)^n$  等,它们是二至五个碱基对重复排列形成的 DNA 核心片断。在氯化铯梯度离心时与主要的 DNA 相区分。每种动物或植物都含有由不同重复寡核苷酸构成的小卫星 DNA。如果几种生物的卫星 DNA 中的寡核苷酸成分非常相似,那就提示它们可能有亲缘关系。如果 DNA 侧链上接有小卫星 DNA,那么加入 PCR 引物后,小卫星 DNA 就会得到扩增。 $n$  值的不同表示了 PCR 产物长短的不同。可见,小卫星及微卫星 DNA 可提高 DNA 分析灵敏度,增加检测降解 DNA 的能力。此外,小卫星 DNA 散布在基因组中,使许多位点呈杂合状态,它们在遗传中的高度变异使它们可用于检测个体间的差异,这项技术被称为 DNA 指纹技术(葛颂等,1994)。

### 3.3 RAPD 技术

RAPD 是 1990 年起逐渐兴起的一种技术。它建立在 PCR 技术的基础上。它利用随机的脱氧核苷酸序列作为引物(9~10 bp),对目的基因组 DNA 作 PCR 扩增,产物经琼脂糖凝胶或聚丙烯酰胺电泳分离,经染色或放射自显影来检测扩增产物 DNA 片断多态性。该技术只需加入一个引物,退火温度低(36 °C),保证了短核苷酸引物与模板结合的稳固性,也允许引物与模板的适当误配,增大了引物在基因组 DNA 中配对的随机性:提高了对基因组 DNA 的分析效率。如果采用特定引物的话,就可识别特定的结合位点,检测出特定 DNA 片断是否有插入、缺失或碱基突变的现象(杨隽等,1996)。RAPD 法是很灵敏的方式,即使每一种只有一个基因型,且样本数少,用 RAPD 法仍可加以区分。Nusser 等 (1996) 用该法评价了一种濒危的秧鸡 (*Rallus longirostris levipes*) 种群内的多样性,得到 1338 个扩增位点中,只有 1% 是多态的,认为受检种群已处于瓶颈状态。

### 3.4 DNA 序列分析

DNA 序列分析是最为彻底的方法。目前已实现了 DNA 的自动测序(胡志昂等,1994)。

但 DNA 全序列分析仍有很大的困难。哺乳动物的基因组有 30 亿个碱基对,而在实际中,一块聚丙烯酰胺凝胶板 (PAG 板) 上最多只能测出 400~500 个碱基对,置备 PAG 又是十分麻烦的事,需要适合不同分子量范围大分子而置备不同孔径的胶。而且,受检 DNA 序列只是全序列中的极小一部分,无论采用何种克隆方式所得的 DNA 序列都具有很大的随机性。DNA 测序须与软件相结合,将所测序列重排,使之成为它们在染色体中的原始序列,因为测序并不是从染色体的一端至另一端,而是从其中任一部位都可开始 (Schimenti, 1995)。

Randi 等 (1994) 对西欧棕熊种群进行了 PCR 和 DNA 序列分析,发现种内多态性极低,且个体数目少,不断的近交将导致遗传多样性的降低。

以上所述的分子生物学技术在遗传多样性研究中的应用是灵活的,应视研究目的而定。对于一些较为复杂的课题,可采用多种手段结合的方式。van Oppen 等 (1996) 利用了异型酶电泳分析、DNA 测序和 RAPD 法比较了在种水平以下的几种海藻的遗传差异,确认了几种极难分辨的海藻,并积累了大量与多样性有关的复杂遗传资料。除此之外,分子技术的选用与研究条件的具体情况也是有关的。分子生物学技术相对其它研究手段而言,虽然实验代价较高,目前在发展中国家推广有一定的难度,但由于发展中国家生物多样性极其丰富。发展和进行生物多样性研究势在必行。所以,发展中国家一方面要大力争取国际间的项目合作,另一方面要尽可能地利用现有设备,对实验技术进行更新和改良。而且分子生物学技术的发展使得分析精度越来越高,有的甚至可以确认个体间的差异。大量的谱带反而不易分析其遗传学背景,不利于群体遗传结构研究。但对于基因库的建立,基因病的检测等,则需要高灵敏度的分析方式。所以,具体采用什么方式进行遗传多样性的研究需要视实验要求而定,而不是越灵敏越好。

值得注意的是遗传多样性的丧失往往并不是绝对丧失。由于栖息地和生存资源对物种造成的选择压力,遗传多样性有时也会得到增加 (Eid-Dib 等, 1991),而其它技术 (如核技术) 的发展,使人类的一次失误 (如核泄漏) 就能造成突变种的产生。这些偶然事件的发生及其对生物多样性的影响对人们来讲大多数是未知的,它们对人类的影响也无法马上得到评价。但是,多样性的增加归根结底是在分子水平上发生了变化。分子生物学技术可用来对此进行判定和评价。

我国是个生物资源极为丰富的国家,但遗传多样性的研究尚不深入 (施立明, 1990)。近年来,沿海地区的经济有了很大的发展,同时也带来了一些环境问题。沿海滩涂上分布着大量的无脊椎动物 (如虾、蟹、蛤等)。这些动物遗传多样性的变动一方面可以作为该地区污染状况的指标。另一方面,有的种类能够适应严重污染的环境,这些耐受性个体将对后代产生很大的影响,如果耐受性是可遗传的,这将导致后代基因组成的变异。昆虫和螨 (即世代间隔短、繁殖量大的生物体) 是适应毒物 (如农药) 的明显例子,已有的实验也表明了水生生物、飞蝇、蜗牛和跳虫等对重金属的适应 (Sommer, 1996),有的不仅如此,还能通过其独特的生理机制减轻或净化污染的环境,这些物种所表现的遗传多样性是十分宝贵的,有待于生态学工作者深入研究和合理利用。

#### 参 考 文 献

- 陈伟京, 张建之, 庾镇城, 朱定良. 1994. 上海及邻近地区果蝇 (*Drosophila albomicans*) 的迁入及其线粒体 DNA 多态性研究. 遗传学报, 21(3): 179-187

- 葛颂,洪德元.1994.遗传多样性及其检测方法.生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科学技术出版社,123-140
- 顾少华,孔原,朱定良,庾镇城,谈家桢.1992.华东区黑果蝇自然群体同工酶遗传多态的研究.遗传学报.19(3): 228-235
- 胡志昂,王洪新.1994.研究遗传多样性的基本原理和方法.生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科学技术出版社,117-122
- 聂龙,施立明,和向东,赵玉龙,木文刚,张建良.1995.独龙牛遗传多样性及其种群遗传结构的等位酶分析.遗传学报.22(3): 185-191
- 兰宏,王文,施文明.1995.西南地区家猪和野猪 mtDNA 遗传多样性研究.遗传学报.22(1): 28-33
- 兰宏,熊习昆等.1993.云南黄牛和大额牛的 mtDNA 多态性研究.遗传学报.20(5): 419-425
- 施立明.1990.遗传多样性及其保护.生物科学信息.(2): 158-164
- 王文,凌发瑞等.1994.银额果蝇自然群体中的 mtDNA 多态性研究.遗传学报.21(4): 263-274
- 吴力钊,王祖熊.1992.长江中游草鱼天然种群的生化遗传结构及变异.遗传学报.19(3): 221-227
- 杨隽,李云龙等.1996.RFLP、RAPD 及其异常标记.生物技术通报.121(2): 1-3
- 赵玮,庄炜等.1994.中国貉线粒体 DNA 多态性及其与亚种分化的关系.遗传学报.21(1): 7-16
- Aswathanarayana, N. V., and S. K. Ashwath. 1994. Karyotypes of two indian grasshoppers of *mecopodinae*. *Cytologia*. 59(3): 285-287
- Blanpuer, A. J., P. Alayse, O. Berrada-Rkhami and P. Borrobi. 1992. Akkiztne variation in turbot (*Psetta maxima*) and brill (*Scophthalmus rhombus*) throughout their range in Europe. *J. Fish Biol.* 41(5): 725-736
- Burnett, W. J., J. A. H. Benzie, J. A. Beardmore and J. S. Ryland. 1994. High genetic variability and patchiness in a common Great Barrier Reef zoanthid (*Palyghoa caesia*). *Mar. Biol.* 121(1): 153-160
- Eastmond, D. A., M. Schuler and D. S. Rupa. 1995. Advantages and limitations of using fluorescence *in situ* hybridization for the detection of aneuploidy in interphase human cells. *Mutat. Res.* 348(4): 153-162
- Eid-Dib, B., Morereau, F. Frey, Y. Carton and J. R. David. 1991. A possible incipient differentiation according to larval resources in *Drosophila buzzatii*. *Evol. Biol.* 5(10): 211-226
- Elisworth, D. L., R. L. Honeycutt, N. J. Silvy, K. D. Rittenhouse and M. H. Smith. 1994. MTDNA and nuclear-gene differentiation in North American prairie grouse (Genus *Tympanuchus*). *Auk*. 3(3): 661-671
- Fenlon, B. G., Malloch, A. T., Jones J. W., Amrine S. C., Gordon S. A' Hara, W. J. McGarvin and A. NE. Birch. 1995. Species identification of *Cecidophyopsis* mite (*Acari eriophyidas*) from different *Ribes* species and countries using molecular genetics. *Mol. Ecol.* 4(3): 383-387
- Ferguson-Smith, M. A. 1995. Gene order by FISH and FACS. *Molecular Biology and Biotechniques*. 354-359
- Huang, Shong and Shih, Jin-Taur. 1993. Microgeographic genetic structure of the fiddler crab. *Uca arcuata De Haan (Ocypodidae) in Taiwan*. *Asia-Pacific Symp on Mangrove Ecosystems* (HK). 1-3
- Kresovich, S. and McFerson, J. R. 1992. Assessment and management of plant genetic diversity considerations of intra-and interspecific variation. *Field Crops Research*. 29(3): 185-204
- Lavery, S., C. Moritz and D. R. Fielder. 1995. Changing patterns of population structure and gene flow at different spatial scales in *Birgus latro* (the coconut crab). *Heredity*. 74(5): 531-541
- McNeely, J. A. 1992. The Sinking ark: pollution and the worldwide loss of biodiversity. *Biodiversity and Conservation*. 1(1): 2-28
- Nusser, J. A., R. M. Goto, D. B. Ledig, R. C. Fieoscher and M. M. Miller. 1996. RAPD analysis reveals low genetic variability in the endangered light-footed dlapper rail. *Molecular Ecology*. 5(4): 463-472
- Perez, J. E. 1993. Conservation of genetic resources in aquatic organisms. *Interciencia*. 18 (4): 210-211
- Randi, E. L., Gentile, G. boscagli, D. Huber and H. U. Roth. 1994. Mitochondrial DNA sequence divergence among some west European brown bear (*Ursus arctos L.*) populations, lessons for conservation. *Heredity*. 73(5): 480-489
- Salvado, J. C., N. Bensaadi-Merchermek and C. Mouches. 1994. Transposable elements in mosquitoes and other insect species. *Comp. Biochemistry and Physiology B Comp. Biochemistry and Molecular Biology*. 109(4): 531-544
- Schimenti, J. 1995. Mammalian genome. *Molecular Biology and Biotechniques*. 524-528
- Smith C., L., Denan Wang Dietmar Grothues. 1994. Physical maps of human chromosomes. *Molecular Biology and Biotechniques*.

420-423

- Sommer, C. 1996. 李世涛译. 1996. 生态毒理学和发育稳定性可作为适应性的监测器. 人类环境杂志(Ambio). 25(5): 373-375
- Steinkamp-Zucht, A., and R. Fahrig. 1995. Monitoring of induced chromosomal aberrations in *S. cerevisiae* in agarose gels by pulsed field gel electrophoresis. *Mutat. Res.-Environ. Mutag. Related subj.* 335(3): 285-292
- van Oppen, M. J. H., H. Klrk, J. L. Oldrn and W. T. Stam. 1996, Hidden diversity in marine algae: Some examples of genetic variation below the species level. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 76(1): 239-242
- Vassart, M. 1995. New tools in conservation genetics. *Rev. Med. Vet.* 146(3): 71-180
- Wagner, V., and M. B. Mayr. 1995. Conduction of paternity testing in three endangered bird species by means of non radioactive DNA fingerprinting. *Wien. Tierarztl. Monatsschr.* 82(5): 152-156
- Weier, G., Heinz-Ulrich, P. Daniel and Joe W. Gray. 1995. Whole chromosome complementary probe fluorescence staining. *Molecular Biology and Biotechniques*. 965-968
- Williams, PIH, C. J. Humphries and R. I. Vane-Wright. 1991. Measuring biodiversity: Taxonomic relatedness for conservation priorities. *Auct. Sust. Bot.* 4(4): 665-680
- Yu, H. T. 1995. Patterns of diversification and genetic population structure of small mammals in Taiwan. *Biol. J. Linn. Soc.* 55(1): 69-89

## MOLECULAR BIOTECHNIQUES USED IN THE RESEARCHES OF GENETIC DIVERSITY

He Wenshan, Lu Jianjian

(State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062)

Usage of molecular biotechniques, such as electrophoresis, RFLP, PCR, RAPD and DNA sequencing, in the researches of genetic diversity, especially in the researches of chromosome diversity, protein diversity, DNA diversity is discussed.

**Key words:** MtDNA, RFLP, PCR, RAPD, DNA sequencing, Genetic diversity

# 物 种 多 样 性



# 一些荒漠植物濒危原因的剖析及其保护对策

黄培佑 王玉辉 马全红

(新疆大学干旱生态研究所, 乌鲁木齐 830046)

**摘要** 本文就荒漠区一些植物急剧衰退的原因进行了剖析,发现除开垦过程直接导致一些物种消失外,多因资源被掠夺利用、生境被破坏或由于水资源的量和时空分布的改变所导致。注意到一些物种常因其生活周期的某一环节受胁迫而致危,故对具体物种生活周期的某一阶段或受作用的关键部位,采取适当的保护或替代措施,将能使其摆脱厄运。

**关键词** 荒漠植物 濒危原因 生物多样性保护

## 1 导言

目前物种的大量丧失已对生物圈造成一定影响。1992年里约热内卢会议,与会国就生物多样性公约达成协议,其根本目的是增强对生物多样性的关注,及时采取必要措施以有效保护生物多样性、保障生物圈的繁荣。保护生物多样性首先要对具体物种濒危的原因有确切的了解,而通过生活史与其生存环境的动态相关研究,将有助于认识其关键环节。每一物种濒危消失的原因不可能雷同,只有深入了解的前提下,及时采取有针对性的具体措施才能事半功倍,有效实施保护。本文拟就荒漠区一些植物濒危现象进行分析,剖析其致危原因,提出相应的保护对策。

## 2 人类干扰与物种濒危

物种的急速绝灭与当前人类干扰的强化明显相关,但人类活动造成的影响却是多方面的,除近代工业的迅猛发展引起的CO<sub>2</sub>上升,全球变暖,臭氧层减少,从而导致全球性的影响外,垦耕过程破坏了一些物种赖以生繁的栖息地,过度放牧致使适口性强的牧草渐次消失,某些资源植物因被过度利用致资源衰竭,致其处于危机,农业活动引起流域内水的空间分布调整,使区域内生物借以生存的生境发生变化,或在其生命活动的全程中某一环节受干扰或失落而导致严重后果。从干旱区目前的实际情况剖析,以栖息地的破坏、过度放牧、樵伐与采药等原因居多,水的时空分布格局被破坏,由此而导致的后果亦极为严重。下面试就几个实例进行剖析。

## 3 新疆荒漠一些物种濒危原因剖析

### 3.1 垦伐引起的结果

新疆莫索湾垦区原为梭梭(*Haloxylon ammodendron*)荒漠的一部分(胡式之,1963),1958年起开始大规模垦伐、创建绿洲,形成8万多公顷的新绿洲空间。建立绿洲的过程,导致绿洲的外侧,原生的荒漠植物亦因开发活动的波及而引起巨大改组。近期考察表明,当地未受破坏的相类地貌区统计到105种野生高等植物,而绿洲及其紧邻的外围仅残存65种。此区除植物种的数量锐减外,残留下来的植物群亦与原生状态发生明显区别。一些种类个体数量却空前增加,猪毛菜属的一些种类即属明显的例证(黄培佑,1993)但绝大部分种类的个体数量却极度减少,尤以植株高大的灌木更甚。灌木除密度显著降低外,株形亦发生改变,矮化和分

枝数量剧增,是紧贴绿洲的极普遍现象,这是由于幼嫩顶芽被牲畜反复啃食,促使侧枝异常增多所造成(黄培佑,1993)。

草本植物发生强烈改组,适口性良好的种类,如东方旱麦草(*Eremopyrum orientalis*)等,因受反复采食,从而导致紧邻绿洲边缘10 km的范围内,个体数量极度衰减而近于绝迹,而10 km以外的区域即逐渐恢复其稠密植丛的格局。后者的状态是由于早春荒漠区缺少可供牲畜饮用水源,致此区目前不能春天放牧利用,早春短命植物自然生繁的机制因而未受损害,从而得以维护原状。邻近绿洲边缘10 km的范围内,受早春期强度放牧影响,牲畜喜食的牧草被大量啃食,从而留出可供植物生长的更多空间,使未被利用的一些植物种解除了种间竞争的压力而异常发展,导致此区的草本植物,虽未受垦伐的直接影响却引起强烈改组,且植被盖度由自然状态的30%下降至23%。

### 3.2 掠夺式资源利用的后果

肉苁蓉(*Cistanche deserticola*),麻黄(*Ephedra* spp.),甘草(*Glycyrrhiza* spp.)等植物是重要药源植物,目前由于经济目的而被过渡采挖,不但造成药源的衰竭,有关物种亦在分布区内急剧收缩而面临灭绝的命运。

以肉苁蓉为例,它寄生在梭梭根部。肉苁蓉实现寄生后,寄生体初期体积较小,经23年生长发育,开始形成生殖能力,在温湿适宜的季节,一部分芽体(含顶芽或侧芽)迅速发育,形成粗大的肉质繁殖枝带着顶端的花苔穿出土表,随之完成开花结实的过程,并为新一轮寄生过程提供种子(黄培佑,1988)。如此过程可持续5年以上。由于开花授粉的过程需要在地面完成,大而鲜艳的花序本是招引昆虫授粉的,却因之成为采药者的鲜明识别标志,一旦当花苔的肉质茎破土而出,即招引药农追踪挖掘,既毁坏了当年开花结实的生殖苗,终止该植物体当年开花结实而传宗接代的过程,亦破坏连结梭梭根部的寄生体,彻底摧毁这一寄生植物再次形成繁殖能力的可能,并消灭该寄生体本身。使现存寄生体消灭,又断绝它可能提供的种源补给,切断新一轮寄生过程,所有这些过程在采药活动中同时完成。

由于药农以居民点附近为采药活动的起始区域,由此自近向远扩展,故肉苁蓉分布区的消失现象,普遍以居民点为中心自近而远逐渐漫延并及于整个药源区。这一过程在内蒙古自治区已基本完成,新疆的主产区甘家湖一带目前正在重演这一悲剧。

### 3.3 胡杨(*Populus euphratica*)

胡杨林地的衰败,分布区的萎缩,导致其主要分布区塔里木盆地生境急速恶化,从而引起广泛关注。很多研究人员认为这是由于胡杨受垦耕、滥伐等原因所致,一些研究者即认为是气候变干的结果,亦有认为洪水条件变化是主要原因。

通过长期研究,我们认为滥伐是导致林地收缩的重要原因之一,而根本原因是由于幼林发生机制受破坏所致。胡杨林地自发生后将经历由幼而壮、而衰,最后,随个体的生命周期结束而复归裸地(黄培佑,1986),每一具体林片自幼林出现而致林地自然消失(不包括部分根蘖株),只经历胡杨生活史的一个世代。毫无疑问,砍伐或垦伐对缩短该部分林地植株的生活周期所经历时间长短将起作用,但近期的砍伐不可能致胡杨于绝灭的处境,因为所采伐的植株基本为成年株,幼林的自然补充将很大程度替代消减过程,当然,林地总面积的某种程度收缩的局面将难避免,但大量幼林的源源补充,将改变胡杨种群衰败的征兆。作为干旱区的气候影响,最重要的变量无疑是水,但当年雨量3050 mm的条件下,纵使降水量出现成倍波动,对当地立木的生长亦难以构成直接影响。事实上干旱区近期的记录,只有年度波动的明显征候

(耿宽宏, 1986), 并无根本变化的迹象(联合国粮农组织, 1988)。近期统计资料亦证实, 塔里木河上游汇水量呈上升趋势, 自本世纪 50 年代以来的三个太阳黑子周期, 后一周期年平均汇水量, 均较前一周期呈上升趋势, 第 19 太阳黑子周期 (1954~1964) 为  $165 \times 10^8 \text{ m}^2$ , 第 20 黑子周期 (1965~1975) 为  $166.1 \times 10^8 \text{ m}^2$ , 第 21 黑子周期 (1976~1986) 为  $176.4 \times 10^8 \text{ m}^2$ , 至于下游河水流量的减少与气候变干无关, 仅是上中游截流灌溉所造成。故胡杨的衰退与当地气候变化在近期内显然无关。

导致胡杨分布区的不断收缩, 最根本原因是胡杨幼林的补充机制受阻。从历史角度分析, 塔里木河洪水自然泛滥的过程是最显著的变化, 夏季洪水泛滥, 使洪水在盆地内纵横奔流, 尤如脱缰野马。洪水泛滥区造成淤积的湿润河漫滩, 为成熟的胡杨种子提供落籽萌发、形成幼林的苗床。由于胡杨种子寿命短促, 发芽能力将随时间的推移而迅速丧失。实验证实, 种子成熟后经 30 天, 发芽率将趋于 0, 故胡杨林种子成熟时能否与洪水泛滥期叠合, 对胡杨幼林的补充将是关键因素, 只要这一因素不发生变化, 胡杨不可能在分布区内消失。但事实上塔里木河自 50 年代大规模开发以来, 为保证农业用水, 上游大量建库蓄洪, 从而改变了塔里木河中、下游地段洪水自然泛滥过程, 包括泛滥所能及的空间和洪水出现期都发生变化, 从而使中、下游地区胡杨种子成熟期与洪水出现期错位, 洪水可影响的空间亦收缩, 因而危及幼林的正常补充途径。近几十年来缺少足够幼林补充, 特别在中、下游更明显。原有林木日益衰残或被砍伐, 两种作用的合并, 导致林地面积急剧萎缩。胡杨幼林补充机制在盆地的缺失, 破坏生命周期的完成, 种的自然存续基础从而渐趋消失, 纵令禁绝砍伐亦难以扭转其不断衰退的发展趋势。

#### 4 有针对性的保护对策

上文分析表明, 每一物种各有其自身存续规律, 因而处理濒危的物种, 必须研究其本身规律, 寻找受胁迫的确切原因和其关键部位, 据以制定有针对性的对策。近年来对荒漠的研究资料证实, 通过物种的生活周期的研究, 分析具体种类生活周期各个阶段的一些特点, 特别关注生命过程各个阶段与环境的相互关系, 寻找导致生命周期的链条受损或导致断裂的环节, 据此提出相对应对策。

胡杨与肉苁蓉的濒危原因, 在新疆地区可作为某些类型的代表。除因开垦活动直接摧毁某些物种的存在空间外, 大量优质牧草及麻黄 (*Ephedra* spp.)、甘草 (*Glycyrrhiza* spp.) 等衰退原因与之有某种相似之处, 但亦各存差异, 因而需要根据其实际情况分别拟定保护对策。

就肉苁蓉而言, 保护其寄主梭梭是对策之一, 但最根本一条是制定有效的方案以保护肉苁蓉开花结实过程的顺利完成, 使种源的补充机制得到维护。为此, 宜推行轮区采药。在其分布区内划分成若干片, 有计划规定每年的禁采范围、逐年轮换, 使该片的寄生植物得以保证种源补给, 如此轮回, 将能使分布区的种源补充得到解决。要教育药农, 采挖药材时要尽量保护梭梭根部及其连接的寄生体, 切断带花序的肥大肉质茎后, 要及时给采掘的坑穴填回原土, 这样既可保护这一寄生体继续生长, 从而保护药物的持续提供能力。为此宜将药源地分片集体承包以加强管理, 由承包的集体实施轮区禁挖制度, 并推行保护性采掘, 收益由该集体内部协调, 这样将保护药物生产的持续性与相对稳定, 又防止药物分布区的消失。无组织的采挖, 势必导致肉苁蓉在分布区内迅速消失, 亦将彻底摧毁资源的生产能力。

探索人工诱导肉苁蓉寄生的有效办法, 发展规模经营, 既可扩大药源, 又能减轻对自然分布区的破坏, 是可取的。在柽柳根部寄生的管花肉苁蓉 (*Cistanche tubulosa*) 已在和田地区施

行人工诱导寄生获得成功,但有待完善才能普遍用于生产。

胡杨在我国青海、甘肃、宁夏、内蒙等省、自治区残留分布现象,正是目前塔里木河中下游胡杨林消退过程可预测的图景。对胡杨的解救,其关键是在自然分布区内设法恢复幼林的建群机制。从目前残存林地的胡杨生存条件分析,多数地段在具原分布区内维持胡杨成株生存的基本因素,而造成目前这种可悲的结局,皆由幼林补给机制在这些地区消失了。当前急务,首先应确定可以维护胡杨生存的适宜地下水深埋,据以寻找适宜于重建胡杨林的空间,在确定适于复林地段后,设法解决用其他水源实施短期灌溉以取代洪水的生态机制,实行幼林培育方案。如此将能替代洪水消失过程引起的生态危机,将可在原分布区内,原来洪水亦不能达到的任何适宜空间建立以胡杨为主体,对干旱区生境起稳定作用的荒漠森林。这一目标目前正在新疆及内蒙古地区与有关单位配合施行。

#### 参 考 文 献

- 耿宽宏. 1986. 中国沙区气候. 北京: 科学出版社  
 胡式之. 1963. 中国西北地区的梭梭荒漠. 植物生态学与地植物学丛刊. 1(1-2): 81-109  
 黄培佑. 1986. 塔里木盆地胡杨林分布区的消退和林地更新复壮的初步研究. 植物生态与地植物学学报. 10(4): 302-309  
 黄培佑. 1988. 肉苁蓉寄生环境研究. 干旱区研究. 5(3): 44-46  
 黄培佑. 1991. 荒漠河岸胡杨林的生活周期对生境水条件的动态适应研究. 新疆环境保护. 13(2): 5-10  
 黄培佑. 1993. 干旱区开发与持续发展. 见陈昌笃(主编). 持续发展与生态学. 北京: 中国科学技术出版社, 49-53  
 联合国粮农组织. 1988. 旱区固沙护田林带及荒地造林. 北京: 中国农业出版社, 1-11

## STUDIES ON THE REASON OF THE ENDANGERMENT AND CONSERVATION STRATEGY OF SOME DESERT PLANTS

Huang Peiyou, Wang Yuhui, Ma Quanhong

(Institute of Desert Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046)

In recent years, some deserts are ecologically declining rapidly. The main reasons may lie in the overuses of natural resources, the destroy of desert habitats as well as the changes in amount and temporal and spatial distribution of water resources. These changes cause certain links of the life history of some desert plants to be imperiled and then become endangered. In addition, exploitation may directly cause some species to be extinct. Therefore, it is possible to conserve these desert plants by taking proper measures to protect certain critical phases of the life cycle of the endangered species.

**Key words:** Desert plants, Endangerment reason, Conservation of biodiversity

# 杭州石芥兰 (*Mosla hangchowensis*) 种子生产过程的研究

葛 滢 常 杰 秦国强 陈贤晓 卢 蓉

(杭州大学生命科学学院,杭州 310012)

**摘要** 在盛花期过后 20 d 左右,杭州石芥兰的穗长、小穗数已基本不再增加,植株最大种子生产量基本确定;但各植株成熟小穗比例还在上升,种子还未完全成熟,种子质量也不能完全确定。由于各植株到生活史结束时成熟小穗比例的差别还很大,所以实际种子产量与最大种子产量之间仍有很大差别。种子生产和掉落量随时间变化为单峰曲线,不同植株峰值出现时间不同,种子生产持续时间也不同;种子质量随时间推移而提高,但种子生产的高峰期种子质量较低,高峰过后种子质量才达到最高,这是该种全部种子萌发率低的重要原因。根据上述结果,如果在杭州石芥兰盛花期过后的一个月以后收获,就基本不会影响其种群的繁殖。

**关键词** 杭州石芥兰 (*Mosla hangchowensis*) 种子生产 种子质量

## 1 问题的提出

濒危植物杭州石芥兰是我国特有的一年生草本植物,分布区很小。通过对某种群生活史过程的研究发现种子萌发率低是其濒危的重要原因之一(常杰等,1995)。对杭州石芥兰种子萌发的生理生态学研究则表明,温度、光照对萌发有一定影响,但种子质量差是其萌发率低的主要原因。那么,是什么原因使杭州石芥兰种子质量差?在什么条件下可获得较好的种子质量?对于杭州石芥兰这样种子生产过程长达 100 d、成熟种子随时掉落的物种,只有详细了解其不同生境下种子生产动态过程才有可能解决上述问题。

## 2 试验样地概况和研究方法

本试验选择了两个样地:

(1) 野外样地:在杭州市葛岭一个向南的缓坡上部,位于 20~30 年生树木的林窗中,样地面积约为 30~40 m<sup>2</sup>,地面岩石裸露,杭州石芥兰主要生长在石壁间的淤积泥土上,长势良好,样地上杭州石芥兰为优势种,密度为 10 株/m<sup>2</sup> 左右,由于山和树的遮荫,使杭州石芥兰植株受光较少,与林缘生境接近(常杰等,1995)。

(2) 栽培样地:生境接近开阔地,光照较强,但土层较厚,为农田土壤。该样地上又分为:a. 杭州石芥兰种内竞争处理(高密度和中密度)和 b. 有伴生植物自由生长的种间竞争处理。

观测记录试验在 1996 年 10 月杭州石芥兰盛花期过后开始,到 1997 年 1 月初所有样株观测结束。由于杭州石芥兰种子需经过冬季休眠后才能萌发,所以萌发试验于 1997 年 4 月进行。具体设计和方法如下:

(1) 野外样地:选择 4 株杭州石芥兰作为样株,每隔 7 d 分别在各植株下面铺上白布,轻摇植株,收集落下的种子,记录种子数。另外再选择 4 个样株,每隔 7 d 剪下一个分枝上的所有

穗,测量穗长、小穗数、成熟小穗数、种子数等指标。

(2) 栽培样地:在种内竞争中密度区,1 m<sup>2</sup>样方中有6株杭州石茅草聚集生长在一起。在样方内铺上塑料布,定期收集自然脱落的种子,记录种子数。对每次试验收集的种子分别存放备发芽试验用。

(3) 在栽培样地的种内竞争高、中密度及种间竞争样区中分别随机选定10个穗,挂上标签,每隔7 d测其长度、小穗数以及成熟小穗数比例,并在试验结束时收集种子,备发芽试验用。

(4) 在试验结束时对各样株进行生长分析,测定株高、冠幅等指标。

(5) 对各试验收集的种子在1997年春进行种子萌发试验:数100粒种子,放在底部放滤纸作为基质的培养皿中,保持适量的蒸馏水。再放入恒温25℃培养箱中培养20天,记录种子萌发率,每个样做3次重复。

### 3 结果与分析

#### 3.1 种子数量动态分析

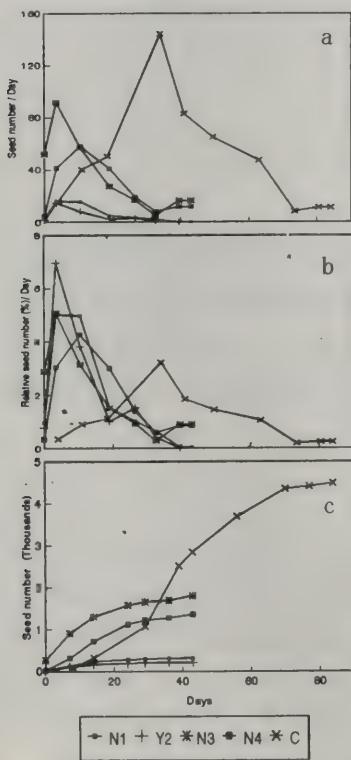


图1 野外样地(N)和栽培样地(C)中种子掉落动态

a. 每天掉落种子数, b. 每天相对掉落种子量, c. 掉落种子数累加值  
期较集中。从种子掉落累加曲线(图1c)则看出,各植株掉落种子数随时间增加迅速上升,以后逐渐减慢,并趋于平衡。不同之处是C为S型曲线,前期上升较慢,N均为饱和曲线,前期即上升迅速。这种差别可能是因为自然掉落较摇落种子有些滞后,也即生产和掉落的时间差。

#### 3.2 穗长、小穗数和成熟小穗比率动态分析

从10月11日杭州石茅草盛花期过后开始,在不同时期收集各样地上种子,计数,并与时间作图(图1)发现,栽培样地(C)平均每天掉落的种子数量随时间变化为单峰曲线,高峰出现在开始观察的第39天(11月19日)最高平均每天掉落140粒种子,以后迅速降低,最后一点有所回升。最后的回升是因为此时植株已死亡,所收集的种子包括了植株上保留种子和掉落种子。

野外生境(N)因无法连续收集种子,所以采取摇落种子的方法收集,4株的落种数(实为种子生产量)曲线规律与C一致,为单峰曲线,但各植株峰值出现时间不同。这说明各植株种子成熟时间不同,但成熟规律一致,均有一个成熟高峰,以后迅速降低,最后回升原因同C。N与C比较,不仅峰值比C提前,落种数远低于C,而且落种时间也只有C的1/2。这说明N比C种子成熟早,结种数量少且植株死亡早。造成这些差别的原因应是气候和土壤条件的差异。N的光、温均低于C,秋季转冷早,土壤水分含量变化大且容易产生干旱,所以植株死亡早。分析图中曲线,除N3外,各样株第一次收集种子数均很少,说明大部分样株在试验开始时,种子刚刚开始成熟。

将每天掉落种子数除以总种子数,得每天相对掉落种子量。从图1b可发现种子量少的植株在种子成熟高峰期平均每天相对掉落种子量较高,即种子少的植株种子成熟

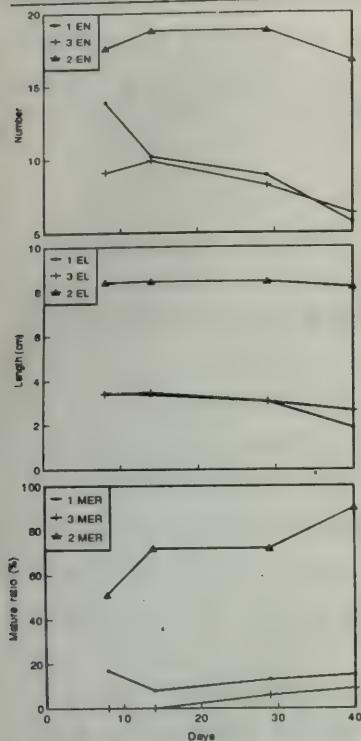


图 2 穗长(EL)、小穗数(EN)和成熟小穗比率(MER)动态

1:种内竞争高密度, 2:种内竞争低密度,  
3:种间竞争

发现千粒重随落种时间推移有下降趋势,但在植株完成生活史过程以后,最后一次收集的种子千粒重均有所升高。与千粒重相反,萌发率随落种时间逐渐增加,N 和 C 的萌发率的最高值出现时间相同。N 植株完成生活史时摇落的种子的萌发率最高,而此时 C 植株仍存活一段时间并继续生产种子,但其萌发率大幅度降低,以后又慢慢回升,至 C 植株生活史结束时种子萌发率又接近最高值。

通过不同时期落种数和种子萌发率可计算不同时期掉落的能萌发种子数量(GN)。在这个指标上 N 和 C 曲线峰高趋于一致。

对比图 1 和图 3,N 和 C 植株落种数高峰和种子萌发率高峰均不一致,C 是自然落种,萌发率高峰也出现在落种高峰之后,这一问题可能是使杭州石茅兰大部分种子萌发率较低的重要原因,说明杭州石茅兰种子生产的浪费现象非常严重。

#### 4 结论

(1) 从穗的形状分析,杭州石茅兰在盛花期过后 20 天左右,植株最大种子生产量已基本确定。但因为各植株成熟小穗比例差别很大,所以实际种子产量与最大种子产量还有很大差别。

(2) 种子生产和掉落随时间变化为单峰曲线,不同植株峰值出现时间不同,种子生产持续时间也不同。

(3) 种子质量随时间推移而提高,但种子生产的高峰期种子质量较低,种子生产高峰过后种子质量才达到最高,这是种子萌发率低的重要原因。

盛花期过后,在栽培样地的种内竞争高密度区(C1)、种内竞争低密度区(C2)和种间竞争区(C3)中分别标定 10 个小穗,在不同时间测量穗长、小穗数和成熟小穗数(图 2)。结果表明,C1 区穗的长度、小穗数从记录开始一直为下降趋势。C3 区的穗长度和小穗数在第二次记录时略有升高,以后也为下降趋势。C3 区穗的长度和小穗数均略低于 C1 区,只在生活史结束时穗长和小穗数变化较小,所以高于 C1 区。C2 区穗长度和小穗数则均远高于 C1 和 C3 区,变化规律也不同,有上升和持平阶段,到 40 天左右才明显降低。成熟小穗比率则除 C1 区的第一点外均为上升趋势,说明穗生长完成后,小穗的成熟和种子生产还在继续进行。C2 的成熟小穗比也远高于 C1 和 C3。通过观察发现,这是因为 C1 和 C3 区穗下部的小穗有许多不生产种子。

上述结果说明,盛花期过后,穗长、小穗数还有少量增加,以后就持平或有所降低,盛花期结束一个月以后,由于下部小穗脱落而迅速降低。也就是说,在盛花期过后 20 d 左右,植株最大种子生产量已基本确定。根据这一结论,我们可用这时的穗性状推算最大种子产量。但实际种子产量与最大种子产量还有很大差别,因为不同样区成熟小穗比例差别很大。

#### 3.3 种子质量分析

对 N 和 C 不同时期掉落种子测千粒重和萌发率(图 3),

发现千粒重随落种时间推移有下降趋势,但在植株完成生活史过程以后,最后一次收集的种子千粒重均有所升高。与千粒重相反,萌发率随落种时间逐渐增加,N 和 C 的萌发率的最高值出现时间相同。N 植株完成生活史时摇落的种子的萌发率最高,而此时 C 植株仍存活一段时间并继续生产种子,但其萌发率大幅度降低,以后又慢慢回升,至 C 植株生活史结束时种子萌发率又接近最高值。

通过不同时期落种数和种子萌发率可计算不同时期掉落的能萌发种子数量(GN)。在这个指标上 N 和 C 曲线峰高趋于一致。

对比图 1 和图 3,N 和 C 植株落种数高峰和种子萌发率高峰均不一致,C 是自然落种,萌发率高峰也出现在落种高峰之后,这一问题可能是使杭州石茅兰大部分种子萌发率较低的重要原因,说明杭州石茅兰种子生产的浪费现象非常严重。

(4) 在杭州石芥的野外生境中,每年秋季园林管理部门都要为防止山火而割除路边草类,此时多数杭州石芥会被收割掉。根据本项研究,如在杭州石芥盛花期过后的一个月以后收割则基本不会影响种群的繁殖。因此,可以与管理部门协商割草时间,以便就地保护这种濒危植物。

## 5 讨论

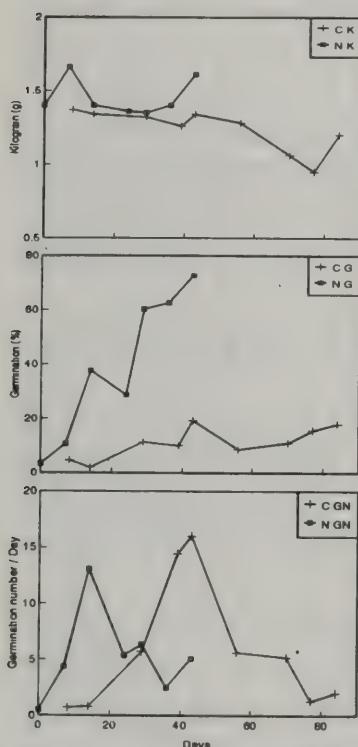


图3 不同时降落种的千粒重(K)、萌发率(G)及萌发数(GN)

计算野外(N)和栽培样(C)地累计能萌发种子数,N植株每株可生产263个能萌发种子,C植株为471个。如不考虑种子掉落位置差、不能存活的损失,按研究的最低存活率0.01计算(常杰等,1995),会有2~4株杭州石芥繁衍后代,种群能有一定增长。进一步根据杭州石芥平均每天掉落的萌发种子数高峰趋于一致这一结果,是否可提出假设:杭州石芥生产高质量种子有一定限度,体积大的植株只要能生产超过种群繁衍所需的种子量,则其它种子不需保证质量。

## 参 考 文 献

- 常杰等.1995.杭州石芥的种群动态和生存分析.见钱迎倩、甄仁德(主编).生物多样性研究进展.北京:中国科学技术出版社,208~214.
- 常杰等.1995.濒危植物杭州石芥种群密度制约与致濒机制的研究.见钱迎倩、甄仁德(主编).生物多样性研究进展.北京:中国科学技术出版社,201~207.
- 徐本美,顾增辉.1984.大粒和小粒种子的活力比较.植物生理学通讯.(2):23~26.
- Hall, M. O. and L. F. Lippert. 1973. Effect of planted seed size on emergence and yield of soybeans (*Glycine max (L.) Merr.*). *Calif. Agric.* 27(2): 3~5.
- Johnson, D. R. et al. 1974. Effect of planted seed size on emergence and yield of soybeans (*Glycine max (L.) Merr.*). *Agron. J.* 66: 117~118.

## A STUDY ON THE PROCESS OF SEED PRODUCTION OF MOSLA HANGCHOWENSIS

Ge Ying, Chang Jie, Qin Guoqiang, Chen Xianxiao, Lu Rong

(College of Life Science, Hangzhou University, Hangzhou 310012)

After about 20 days of the luxury bloom period, the ear length and the spikelet number of *Mosla hangchowensis* did not increase, and the maximum seed number usually were fixed, but the mature spikelet ratio was still rising, and the seeds had not matured completely, so the seed quantity had also not yet been determined. Because of the big difference of the mature spikelet ratio between plants by the end of the life history, the practical seed number might be different from the maximum seed number. The changes of the seed production and dropping amount exhibited a single peak curve with time, but the exact time of the occurring of the peak value was different among the individuals, and so was the duration of the seed production. The quantity of the seed increased with the time. The quantity of the seed at the peak of seed production was lower than that after the peak, so the germination of seed of *M. hangchowensis* was low. According to the results mentioned above, if *M. hangchowensis* was harvested after one month of the luxury bloom period, the reproduction of the population generally would not be limited.

**Key words:** *Mosla hangchowensis*, Seed production, Seed quantity

## 杭州石荠苎生长和生殖对光强的反应<sup>\*</sup>

葛滢 常杰 陆大根 岳春雷 刘珂

(杭州大学生命科学学院,杭州 310012)

**摘要** 杭州石荠苎(*Mosla hangchowensis*)营养体的体积和生物量,生殖器官的穗重、小穗重、种子重等性状均随光照的增强而增加,其中生物量—光强曲线均为指数型;全光处理的开花时间较荫蔽处理提早15 d,开花数量亦高于荫蔽处理;生殖比(RA)也与光强正相关,同时也与植株的生物量正相关,证明早期良好的营养生长是获得较高生殖力的基础。植株生长和发育均以全光照处理最好,随着光强减弱而变差,在40%光强(相当于自然种群分布的林缘生境的光照条件)以上均可完成正常生殖,低于40%光强则生殖力很低。这部分解释了杭州石荠苎不能在林下完成生活史的原因。

**关键词** 杭州石荠苎 光照 营养生长 生殖

### 1 前言

由于植物生理生态学的研究结果可以给生态学和植物学等学科的许多问题以机理上的解释,因而得到日益广泛的重视,成为生态学的“热前沿”。近20年来,植物生理生态学的研究日新月异,其研究的组织层次在扩展到从细胞到生态系统各个层次的同时,又将重点重新集中到个体水平(Mooney, 1987; 沈允钢, 1994),研究对象从过去的以作物和常见种为主转向生物多样性和全球变化的关键植物种类。当前植物生理生态学研究的新动向是研究植物适应和进化的机理,涉及到有限资源的合理利用,植物在全球变化中的行为表现,多种环境因子的相互作用对植物行为的影响,植物的抗逆性潜能和植物生长过程的自动监测和数学模拟等。综观国内外研究,结合保护生物学和种群生态学等学科,阐明濒危物种生理生态过程与变化的环境的关系,确定其对胁迫的耐受能力和消失阈值的研究报道很少,几乎为空白,而这方面的工作对于认识植物致濒的机制非常重要(A. H. Fitter, 1984; J. Lubchenco 等, 1991)。

杭州石荠苎(*Mosla hangchowensis*)为一年生草本植物,属唇形科石荠苎属。其分布面积和种群数量较几十年前锐减,现只在浙江沿海存留6个较小的种群,研究其种群数量减少的原因十分重要。在生物学特性方面,杭州石荠苎生活周期短,对环境变化反应灵敏,且易栽培,故很适宜进行控制条件的实验研究,有望成为实验生态学的“模式材料”之一。

通过对自然种群的定位研究发现,杭州石荠苎可以在林下萌发、生长,但不能完成整个生活史,从而使其分布只限于开阔无林的石壁生境及路旁的林缘生境,由于这两种生境的环境条件较极端,因而经常处于干旱、高温等系统胁迫和人为干扰等偶然胁迫之中,死亡率较高(常杰等, 1995)。针对这个问题,设计了不同光照处理试验,从营养生长、生殖生长、资源分配及种子质量几方面研究杭州石荠苎对光照强度的反应及其对荫蔽这一系统胁迫忍耐的阈值,为探讨杭州石荠苎种群数量减少的机制和保护措施提供参考依据。

\* 国家自然科学基金重大项目。项目号:39391500。浙江省自然科学基金资助项目

## 2 研究方法

本研究在杭州大学生物系栽培试验区进行。该试验区距杭州石芥的葛岭自然种群仅4 km左右,因而实验种群与自然种群气候条件基本相同。

根据自然种群分布生境的三种光照条件(常杰等,1995),设置了全光照( $L_{100}$ )、40%光照( $L_{40}$ )、20%光照( $L_{20}$ )、10%光照( $L_{10}$ )和5%光照( $L_5$ )5个光强处理,用中性透光材料配合绿色材料遮光(以模拟树下的自然光),3次重复,各处理的土壤水、肥条件一致。

杭州石芥于3月中旬种植。出苗后,每半个月左右记载各小区的株高、冠幅、分枝数等性状;开花时每周记载开花数;11月底收获,按各器官分别称重、记数。由于杭州石芥一部分种子成熟后即脱落,故收获种子量比实际种子量偏低,又根据小穗数和每小穗种子数进行了修正。

## 3 结果与分析

### 3.1 营养生长对光强的反应

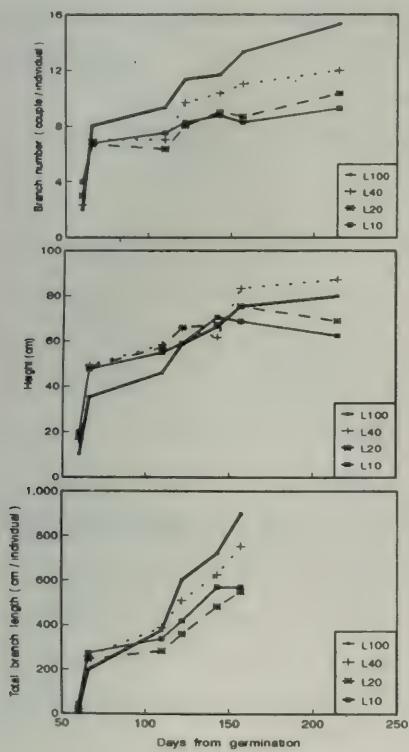


图1 不同光强处理下株高、分枝数和分枝长度随生长的变化

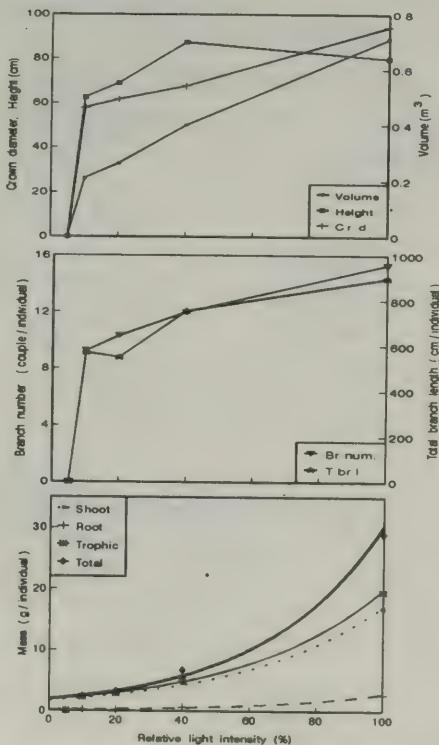


图2 不同光强处理下植冠体积及营养器官生物量

光不仅影响光合作用,制约着植物的碳获取,而且还直接影响植物的形态建成。在不同的光强条件下,杭州石芥的形态结构和生物量均呈现出有规律的变化(图1、图2)

从图1和图2可见,在苗期,荫蔽条件下生长植株的株高、分枝数和分枝长度均高于全光照下的个体,但随后即发生了变化,光照越强,体积增加越快。比较生育期结束时的各性状可见,株高、冠幅、分枝数、分枝长度等均随着光照的增强而增加,在40%全光照以下,各性状的响应程度很高,接近线性关系,光强大于40%以后,其响应程度明显降低,并且株高呈下降趋势。除株高外,各个形态性状对光的响应关系均接近饱和曲线。田间观察发现,在 $L_{100}$ 和 $L_{40}$

条件下生长的植株扩展体积的能力很强,各植株间发生了强烈的密接。这就意味着,L<sub>40</sub>以上各体积性状对光强响应程度变小的原因在很大程度上是由于空间资源制约引起,而非杭州石芥的生物学特性,试验种群密度为50株/m<sup>2</sup>与野外自然种群的密度(20~400株/m<sup>2</sup>)(常杰等,1995)相比已属低密度水平。由此可以推断,杭州石芥种群的空间资源制约是普遍存在的。

与上述形态特征不同,杭州石芥营养器官的生物量随光强的增加呈指数增加,也即,当体积增加受限制时,其内部的枝叶密度迅速增加,说明在当前条件下杭州石芥营养器官的扩展仍有很大潜力。

### 3.2 开花结实对光强的反应

杭州石芥的开花时间和开花数量也随着光强的变化而改变(图3)。全光照下的开花时间比荫蔽条件下的开花时间要提早近20天,盛花期约早15天,几种荫蔽处理的始花和盛花时间几无差异。各处理的终花时间均一致。全光照下,花期可持续70天,荫蔽条件下约持续50天。全光照下的开花数量亦显著高于其它处理,各处理开花量大小顺序为:L<sub>100</sub>>L<sub>40</sub>>L<sub>20</sub>>L<sub>10</sub>>L<sub>5</sub>,即花量完全与光强的顺序一致。上述结果表明,杭州石芥的开花时间和数量对光强的依赖性很强,遮荫明显降低其开花能力。

小穗数、种子数、穗重和种子重均随光强的增高呈指数形式增加(图4),即光强对其结实性状影响很大,弱光生境中种子产量受到很大限制。

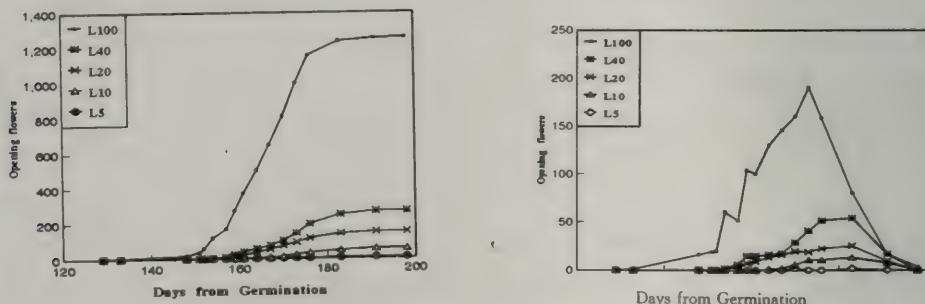


图3 不同光强处理下的开花情况

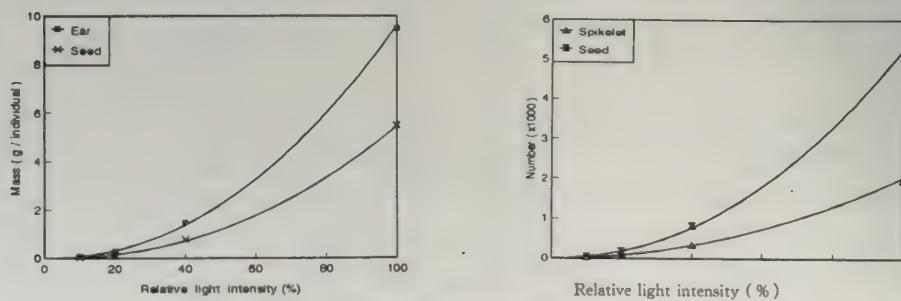


图4 不同光强处理下的生殖力

### 3.3 杭州石芥的资源分配

从图5可以看出,杭州石芥的生殖比(reproductin allocation, RA)随光强的增加而增加,

在  $L_{10} \sim L_{40}$  幅度内直线的斜率较大, 高于  $L_{40}$  以后斜率明显降低, 即  $L_{40}$  光强处为一转折点。

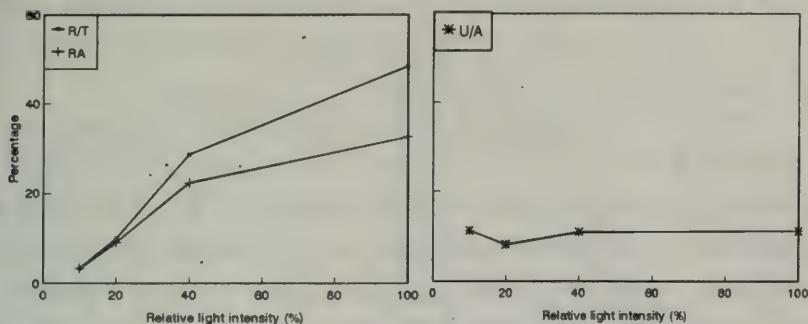


图 5 不同光强处理下的生殖比(RA)、生殖、营养器官比(R/T)及地下/地上比(U/A)

生殖/营养器官比率亦随光照的增高而增加, 在  $L_{40}$  光强处亦有一转折点。地下/地上比值与光强的可与上述各性状均不相同, 即随光强的增加略有降低, 在  $L_{20}$  处有一略低点, 此性状对光强不敏感。

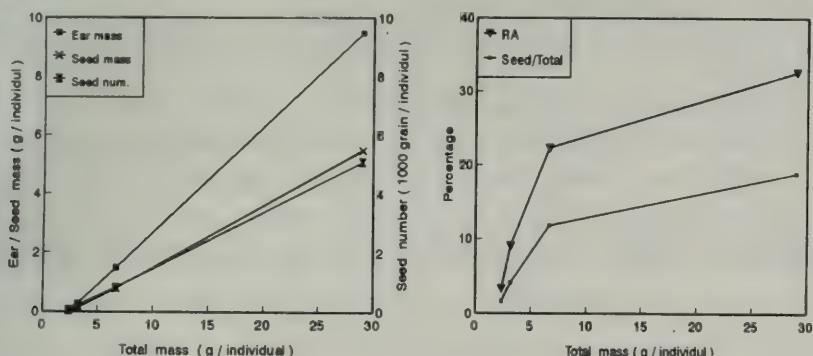


图 6 生殖力及资源分配与植株总生物量的关系

生殖器官数量性状及生殖分配与植株总生物量响应关系见图 6, 从中可见, 穗重、种子重及种子数均随植株总生物量的增加而呈线性增加, 而生殖比(RA)及种子重/总生物量比率则呈现出对光强的饱和型响应曲线,  $L_{40}$  处为拐点。这说明, 在  $L_{40}$  以下生长的植株受到环境限制, 营养生长不良的植株, 没有达到生殖目标, 随营养体生长的降低, 它们将通过降低生殖比例来提高完成生活史的机会, 反过来说只要能获得较好的营养生长, 就首先提高生殖比例。而  $L_{40}$  以上已能保证完成生产种群繁衍所需种子的任务, 所以随营养生长的提高, 不再增加生殖比, 这时的光合产物可能更多的分配给茎秆, 以提高植株的支持能力。对于杭州石茅来说, 生物量较大的植株具有较高的生殖能力, 早期良好的营养生长是提高后期生殖能力的基础条件。

#### 4 结论与讨论

1. 杭州石茅的生物量随着光强的减弱而降低, 在 20% 光照以上, 植株的存活率几乎没有差异, 低于此光强后, 苗期过后即开始死亡, 5% 光照处理在开花前全部死亡。造成死亡的原因, 一方面是倒伏, 另一方面是叶片遭病虫害而逐渐消失光。这就是说, 该种对光照不足的反应首先是降低生长量, 生长量低于一定程度时就会使植株纤细、易倒伏, 并且可能因碳源不足

而降低用于化学防御的分配比率,使其遭病虫害而死亡,存在一个死亡阈值。

2. 栽培种群植株存活对弱光的忍耐阈值为10%光照。而在自然条件下,20%光照左右时植株即大量死亡。这进一步证实了弱光使植株细弱,从而降低了杭州石荠苎与其它种的竞争能力。从而在机理上解释了杭州石荠苎不能在林下生存的原因。

3. 40%光照为生物量和生殖诸性状的拐点,说明在此光强以上杭州石荠苎可以正常生长和繁殖。在杭州石荠苎自然分布的三种生境中,林缘生境的光强为全光照的32%~64%,大部分在40%以上,这与林缘生境中杭州石荠苎能够完成正常生活史的事实吻合。

总之,杭州石荠苎喜强光而不耐荫蔽,无法在林下正常生长,完成生殖,致使其分布生境仅限于树木无法生长的开阔石壁中呈岛状分布的土壤上,或阳光充足的林缘路旁。分布区域分散,四周又被林地包围、分割,十分不利于种群的扩展,这可能是其种群数量很少,物种濒危的原因之一。

#### 参 考 文 献

- 沈允钢.1994.试谈生命科学的前沿.见中国国家自然科学基金委员会生命科学部、中国科学院上海文献情报中心编.我国生命科学的前沿问题.上海:上海科学技术出版社,6~9
- 常杰等.1995.濒危植物杭州石荠苎的种群动态和生存分析.见钱迎倩、甄仁德(主编).生物多样性研究进展.北京:中国科学技术出版社,208~214
- Fitter, A. H. 1984. *Environmental physiology of plant*. Academic Press
- Laubchenco, J. et al. 1991. The sustainable biosphere initiative: An ecological research agenda. *Ecology*. (72)2:371~412
- Mooney, H. A. et al. 1987. Plant physiological ecology today. *BioScience*. (37)1: 18~20

## EFFECTS OF LIGHT INTENSITY ON MOSLA HANGCHOWENSIS

Ge Ying, Chang Jie, Lu Dagen, Yue Chunlei, Liu Ke

(College of Life Science, Hangzhou University, Hangzhou 310012)

The size and the biomass of the trophic organs, the biomass of the spike, the spikelet and seed of *Mosla hangchowensis* were all growing greater with the increases of light intensity, and the biomass of every organ had exponential relation with light intensity. It bloomed 15 days earlier in full sunlight than in shade, and the flower number was larger in full sunlight. The reproduction allocation(RA)had positive relation not only to light intensity, but also to the biomass, which indicates that a strong trophic growth at the early stage was the basis of a higher reproductive capacity. Both growth and development were the best in full sunlight, and became increasingly worse as the light intensity became weaker. The necessary light intensity for its normal reproduction was above 40% full light, which was equivalent to the light condition at the forest edge habitat of the natural population, and its reproductive capacity was rather weak when the light intensity was below 40% light. That was one of the reasons why *M. hangchowensis* could not complete its life history under forest.

**Key words:** *Mosla hangchowensis*, Light, Trophic growth, Reproduction

# 濒危植物银杉的种子吸水过程与萌发特征<sup>•</sup>

李庆梅<sup>1</sup> 谢宗强<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国林业科学研究院林业研究所,北京 100091)

(<sup>2</sup> 中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** 银杉种子的吸水过程有3个明显的阶段,0~1 h是急剧吸水阶段,1~9 h吸水基本停滞,9 h到14 d吸水量又呈递增趋势。在同样贮藏条件下,播种环境对发芽率影响很大,质地疏松、透气性强的土壤有利于种子萌发;播种环境相同时,贮藏条件对种子发芽率起决定作用,以湿沙贮藏最好,种子发芽率可达70%,干藏最差,发芽率仅4%。在其他条件相同时,低温层积可促进银杉种子发芽。

**关键词** 濒危植物 银杉 种子 吸水过程 萌发

银杉作为我国特产的松柏类单种属植物,因其起源古老、学术价值重要而被冠以“植物中的大熊猫”和“植物活化石”之美称。其资源量十分有限,被认为处于濒危状态,受到我国学者和各级主管部门的高度重视,并被列入《中国植物红皮书》(傅立国,1972)。同时它也引起国外学者的关注,被收入《世界稀有植物》(Belousova 和 Denisova,1992)。特别是近年来,随着国际社会对生物多样性保护工作的普遍重视,濒危物种的保护生物学成为研究热点。本文即是国家自然科学基金重大项目“中国主要濒危植物保护生物学”中的子课题“濒危植物银杉的种群结构和动态模型”的一部分,目的在于通过对银杉种子的吸水过程和萌发特征的研究,阐述银杉种子在不同条件下对种群繁殖壮大的贡献和影响。需要说明的是,由于现有银杉母树资源很少,加之母树的种子产量很低,使银杉种子变得异常珍贵,也使供试种子的数量受到限制。

## 1 材料和方法

试验种子于10月上旬采自湖南省资兴市八面山林区,荫干,球果全部裂开时取出种子,除杂。

银杉种子的吸水试验设2个重复;每个重复25粒种子,称干重后,置于充分吸水的滤纸上在室温条件下进行,在吸水初期,1、3、5、7、9 h和1、2、3、7、14 d时称鲜重,然后计算平均每粒种子各时间的重量,并与时间作曲线(图1)。

分不同的贮藏条件分别在苗圃地、原始林地和清除枯枝落叶并松土的土壤上播种(表1),观测发芽粒数,计算发芽率。将银杉种子分低温层积1个月后播种和荫干后直接播种2种处理,设2个重复,在康维伦发芽箱内进行发芽试验(表2),统计发芽率。

## 2 结果和讨论

### 2.1 银杉种子的吸水过程

成熟的干燥种子含水量很低,原生质呈凝胶状态,生理活动极为微弱,因此种子的萌发是从吸水开始的(傅家瑞,1985; Bewley 和 Black,1982)。为了了解银杉种子的吸水过程,布置了种子吸水试验(图1)。可以看出,银杉种子吸水过程有3个明显的阶段:0~1 h为第一阶

段,是急剧吸水的过程,吸水是由吸胀作用引起,种子休眠与否、有活力与否均能进行吸水;1~9 h 为第二阶段,此时非休眠种水分吸胀完成后,一些代谢活动开始进行,吸水基本停滞;9 h 之后到 14 d,为第三阶段,吸水量又急剧增加。一般认为,种子吸胀过程中,细胞含水量增加,大部分以自由水状态存在于胶体微粒的周围及细胞间隙中,促使酶的活动加强,将不溶性的高分子营养物质转化为可溶性的简单物质,胚部细胞的新陈代谢旺盛(叶常丰,1994)。种子种类不同,吸胀阶段的时间差异悬殊。有些种子在很短的时间内就能吸收到发芽所需水分,例如欧洲赤松种子在 48 h 内就能吸收到所需水分,而紫杉属的种子需要 18 d。与之相比,银杉种子吸胀时间居中。银杉种子吸水的第三阶段已处于新陈代谢旺盛时期。遗憾的是在进一步的发芽试验中,代谢活动旺盛的胚仅有 23.1% 发芽,整个供试种子的最终发芽率很低,仅为 6.1%。

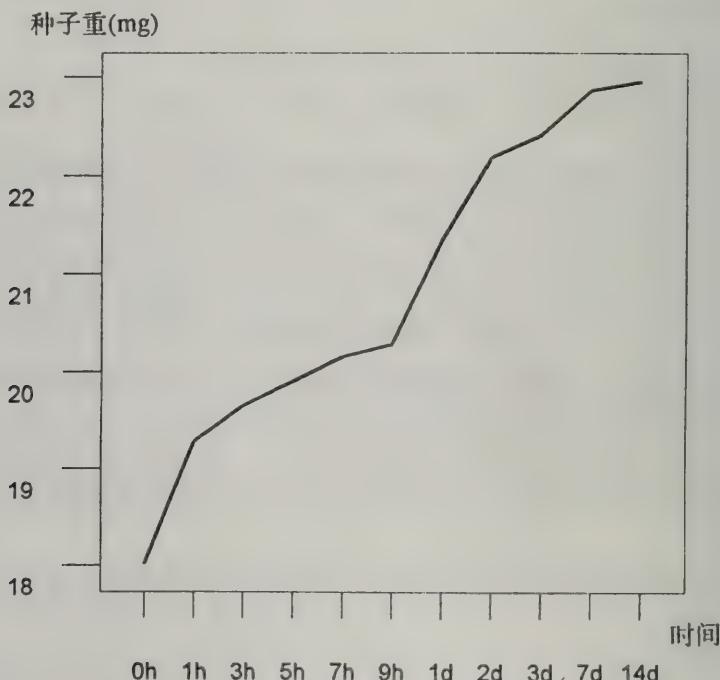


图 1 银杉种子吸水过程

## 2.2 银杉种子的萌发

从表 1 可以看出,就地播种试验中,在同样贮藏条件下,播种环境对发芽率影响很大:自然状况下的发芽率最低,仅为 21%;清理枯落物、松土后的林地,种子发芽率增至 46%,为自然状况下的 2 倍多;苗圃地的集约管理,使种子的发芽率明显提高。种子在贮藏期间进行微弱的呼吸作用,只需少量氧气,在发芽时,呼吸作用特别旺盛,且酶的活动、某些生化过程的进行、激素的合成和变化等也需氧气。种子在缺氧或无氧条件下萌发时,胚乳贮藏物质的转化受阻,使胚陷于饥饿状态,胚根的生长受到强烈抑制,种子的物质转化效率显著降低,并产生大量的有害中间产物,使种子的生活力受到严重损伤(叶常丰,1994; Khan, 1977)。这三种处理中,土壤养分含量并未发生根本性变化,但土壤的物理性能发生了变化:松土后的林地和苗圃地的土壤都变得疏松,透气性增强,改善了氧气供应条件,也减少了因产生霉变而降低发芽率(朱日光

和谢宗强,1995)的可能,从而有利于银杉种子的萌发。

播种环境同为苗圃地,贮藏条件不同时,种子发芽率差异更突出:湿沙贮藏最高,为70%;润沙贮藏降至38%;干藏仅为4%。一般认为,湿度较高的条件下,促进种子的呼吸作用,累积大量有毒物质,在有氧呼吸进行比较旺盛时,产生大量呼吸热而对种子产生不良影响,以致影响种子的生活力。但对某些乔木树种的种子,需要高含水量才能正常生存,当胚部含水量降低到一定限度时,很容易引起种子生活力的丧失。死亡原因可能是由于成熟种子的含水量较高,失水招致原生质和细胞膜的损伤,以致代谢遭受破坏(叶常丰,1994)。看来银杉种子含水量的变化对其生活力影响很大,应该以湿沙贮藏为好。

表1 银杉种子就地播种效果(主要珍稀濒危树种繁殖技术编辑委员会,1992)

处理	播种数(粒)	发芽数(粒)	发芽率(%)	贮藏条件
清除枯枝落叶,松土	585	270	46	湿沙贮藏2个月
维持林地原状	200	42	21	湿沙贮藏2个月
苗圃地	50	35	70	湿沙贮藏2个月
苗圃地	50	19	38	润沙贮藏2个月
苗圃地	50	2	4	袋装干藏2个月

将萌干的银杉种子在实验室内按不同的处理进行播种(表2),结果表明,在其它条件相同时,低温层积可促进发芽。一般认为,低温层积促进发芽的机理是:种子因未完成后熟而处于休眠状态,此时种胚从形态上看已经成熟,但还没有发生一系列的复杂的生物化学变化,激素的水平还不足以导致种子萌发(叶常丰,1994; Khan, 1977),低温层积促进这些生化反应。

表2 银杉种子室内发芽试验

处理	条件	播种数(粒)	发芽数(粒)	发芽率(%)
低温(5℃)层积1个月后播种	13℃,光照	24	4	16.7
	25	4	16	
种子萌干后直接播种	13℃,光照	24	1	4.2
	25	2	8	

银杉种子的这种休眠作用是其长期适应环境形成的一种生态对策:银杉种子在10月份成熟,在冬季分布区的气温经常低于0℃,如果没有休眠期,萌发后遇此不良环境终将致死,因此银杉种子的休眠首先在时间上避开了不良环境;此外,由于种子休眠深度不同,解除休眠的时间不一致,呈现不整齐的萌发(Bewley和Black,1982)。这种萌发时间的不同步性减少了竞争,有利于萌发植株的生存。

#### 参 考 文 献

- 傅家瑞.1985.种子生理.北京:科学出版社  
 傅立国(主编).1992.中国植物红皮书(第一册).北京:科学出版社  
 叶常丰,戴心维.1994.种子学.北京:中国农业出版社  
 朱日光,谢宗强.1995.银杉育苗技术研究初报.见李玉铭(主编).中国自然保护区建设与展学术研讨会论文集.北京:中国林业出版社,12-17  
 主要珍稀濒危树种繁殖技术编辑委员会.1992.主要珍稀濒危树种繁殖技术.北京:中国林业出版社  
 Belousova,L.S.&L.V.Denisova.1992.*Rare plants of the world*.A.A.Balkema Publishers,Brookfield  
 Bewley,J.D.&M.Black.1982.*Physiology and biochemistry of seed*.Springer-Verlag,Berlin

Khan ,A. A. 1977. *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company

## THE WATER ABSORPTION AND GERMINATION OF SEEDS OF THE ENDANGERED PLANT CATHAYA ARGYROPHYLLA

*Li Qingmei<sup>1</sup>, Xie Zongqiang<sup>2</sup>*

(<sup>1</sup>The Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry Sciences, Beijing 100091)

(<sup>2</sup>Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

The water absorption of seeds of *C. argyrophylla* clearly showed three stages: the rapid absorption stage in 0 – 1 hour, the stagnant stage in 1 – 9 hours and the fast re-absorption stage. Under the same storage condition, seeding environments greatly affected the germination. The soil with loosen texture and good ventilation could promote the germination of seeds of this species. Under the same sowing site, the storage condition determined the seed germination rate of the plant. The germination rate of seeds stored in humid sand reached 70 %. However it was only 4 % under the dry storage condition. When other conditions were the same, cold storage could accelerate the germination of the seeds of *C. argyrophylla*.

**Key words:** Endangered plant, *Cathaya argyrophylla*, Seed, Water absorption, Germination

## 八大公山珍稀濒危树种的种间联结及其迁地保护 混交树种选择的研究<sup>\*</sup>

熊四清 朱忠保 朱林峰 熊芳 李迪友<sup>\*\*</sup>

(中南林学院,湖南株洲 412006)

**摘要** 本文根据  $2 \times 2$  联列表,应用方差分析、 $X^2$  统计量度量、Ochiai 指数、Dice 指数和 Jaccard 指数等系列技术,测定了八大公山 14 个优势种群间的联结性,并以半矩阵、全矩阵和星座图等形式表达测定结果。在此基础上以珍稀濒危种为主要树种,按测定结果选择出混交树种,为迁地保护中的混交林营造提供了部分理论依据。

**关键词** 珍稀濒危种 种间联结 混交树种

八大公山国家级自然保护区位于武陵山脉东端,湖南省西北部,地理位置居北纬  $29^{\circ}39'18'' \sim 29^{\circ}49'48''$ ,东经  $109^{\circ}41'50'' \sim 110^{\circ}5'50''$ 。保护区分为三大块,总面积 2.32 万  $\text{hm}^2$ ,核心面积 1.8 万  $\text{hm}^2$ 。全区属中亚热带北缘季风气候,多年平均降水量 2247.3 mm,随年月、海拔有较大变化,为湖南四个多雨中心区之一,亦为澧水的源头。组成本区山体岩层主要为早古生代沉积变质岩。土壤主要类型为山地黄棕壤和山地黄壤及少量紫色石灰土。保护区内的崇山峻岭覆盖着茂密的原始次生林,种类繁多,并保存有不少的珍稀濒危种,为一优良的种质资源基因库(宋朝枢等,1988)。

该保护区的植被历史上曾多次遭到破坏,但自保护区建立以来,就地保护工作开展得较好,并开辟了一个面积甚大的珍稀濒危植物引种园。近年来,由于旅游、滥采中草药和野生花卉资源、盗伐、不合理的采伐、种植药材以及森林群落的同期发生演替(熊利民等,1991)等原因,使得保护区的保护工作远不能满足持续发展的需要。

植物迁地保护工作包括:保护对象的确认,迁地保护地的选择,物种的引入(繁殖、造林),科学的经营管理最终的开发利用。本文就造林阶段中的混交树种选择问题作些探讨。群落中出现的物种与其所处的地理环境有关,却非完全的决定条件(熊利民等,1991)。各物种间有多种关系存在,或直接或间接、或互利或竞争或纯粹是一种它感作用。通过研究不同种之间在空间上的联结程度对研究种间关系、了解群落动态、揭示生态系统功能、指导生产的实践都有重大意义。这方面的工作国外开展得较早、较深入(Goodall, 1973; Greig-Smith, 1983; Hubalek, 1982; Moore 等, 1986),我国也有人在种间联结关系方面作了些探讨(杜道林等, 1995; 王伯荪等, 1982; 蒋有绪, 1982; 王伯荪等, 1985),但通过种间联结测定来指导混交树种选择为迁地保护服务则近于空白。以珍稀濒危树种为主要树种,以种间联结关系选择混交树种,人工建造混交林,对目的树种的保护、对森林景观、抗逆性等均有理论和实践上的意义。

\* 国家“八五”科技攻关课题“我国亚热带森林生态系统生物多样性保护技术研究”的部分内容

\*\* 八大公山自然保护区管理处

## 1 研究对象

为进行种间联结关系测定,通过如下两种途径选出了八大公山多脉青冈、亮叶水青冈林中的14个优势种群。从分布的格局、需要保护的程度、测试的可行性以及不失代表性出发,选出了五种珍稀濒危种作为目的树种。从基于群落调查基础上的各种重要性出发,适当兼顾种群大小,选出了九种乡土树种作为混交树种的待选择种。总计14种:珙桐(*Davallia involucrata*),水青树(*Tetracentron sinense*),香果树(*Emmenopterys henryi*),白辛树(*Pterostyrax psilophylla*),银鹊树(*Tapiscia sinensis*),多脉青冈(*Cyclobalanopsis multinervis*),亮叶水青冈(*Fagus lucida*),西南山茶(*Camellia pitardii*),尖叶山茶(*Camellia cuspidata*),头状四照花(*Dendrobenthamia capitata*),长柄绣球(*Hydrangea longipes*),灯台树(*Cornus controversa*),鄂桓(*Tilia oliveri*),香桦(*Betula insignis*)。

珙桐在我国6个省36个县自然分布(严章,1987),八大公山自然保护区的珙桐群落分布在天平山珙桐湾、三百扎和斗蓬山纸沙坪,以珙桐湾分布最为集中,有珙桐树6966棵,其中一棵“珙桐王”树高25 m,胸径1.04 m,树龄300多年(谢凤阳,1990)。珙桐种子有后熟习性,通常需1~3年才始发芽(林英,1983)。由于鼠害(杨一川等,1989)、人工采摘种子、坡度较大、枯枝落叶层偏厚等,在调查的60块样方中未发现幼苗,幼树少且多为从根颈部发出的萌条,所以,对珙桐实施迁地保护的物质和部分技术基础。水青树在八大山的分布与珙桐近似,但不成片,且多为成、过熟林木,天然更新不良。香果树呈零星分布,林下少见幼苗、幼树。银鹊树的自然分布范围较广,北可至河南伏牛山南坡的宝天曼自然保护区(王玉景,1987;张家勋,1989),在八大公山呈块状分布。由于银鹊树为一喜光树种,在郁闭度较高的多脉青冈、亮叶水青冈林中更新不良。已有人对银鹊树的人工造林作过研究,发现为速生树种,其平均净生长量高于湖南会同、朱亭及江苏南部的人工杉木林。白辛树在八大公山分布较广,多生于沟谷,不连续,未见幼苗,幼树也甚少。

表1 15块标准地概况

标准地号	地点	海拔(m)	坡向	坡度	坡位	腐质层厚度(cm)	土层厚度(cm)	土壤类型	群落名称
1(7)	天平山庙湾	1570	S	35	下	23	68	山地黄棕壤	亮叶水青冈 多脉青冈林
2(8)	天平山瞭望台	1605	全	25	山脊	6	38	山地黄棕壤	西南山茶 多脉青冈林
3(15)	天平山庙湾	1480	N5W	30	中	18	82	山地黄棕壤	多脉青冈林
4(18)	天平山车坝	1460	EN	35	中	21	83	山地黄棕壤	珙桐 香槐林
5(20)	天平山庙湾	1620	N	28	中	8	59	山地黄棕壤	多脉青冈林
6(22)	天平山后坪	1510	E	28	中	16	64	山地黄棕壤	西南山茶 多脉青冈林
7(25)	天平山后坪	1460	E	29	下	24	71	山地黄棕壤	红枝柴林
8(27)	斗蓬山二道水	1600	S	35	下	7	29	山地黄棕壤	鄂桓林
9(28)	天平山珙桐湾	1500	E	26	中	11	41	山地黄棕壤	西南山茶 珙桐林
10(29)	天平山珙桐湾	1510	W10S	40	中	13	65	山地黄棕壤	珙桐林
11(41)	天平山夫天垭	1450	ES	25	中	15	60	紫色石灰土	土家手制李 多脉青冈林
12(44)	斗蓬山纸沙坪	1500	S	20	下	15	65	山地黄棕壤	珙桐 白辛树林
13(53)	天平山鸳鸯垭	1480	S20W	38	下	11	33	山地黄棕壤	灯台树林
14(60)	天平山团坪沟	1430	S	35	下	15	52	山地黄棕壤	多脉青冈 亮叶水青冈林
15(63)	天平山大顶坪	1620	E	30	下	13	36	山地黄棕壤	小叶润楠 四川杜鹃林

注:标准地号栏下括号中的数字代表该标准地在总共66块标准地中的系统编号

## 2 研究方法

### 2.1 取样

选取有代表性的森林地段设置面积为 800 m<sup>2</sup>(最小面积)的标准地 15 块(表 1)。将每块标准地一分为四,每部分为 200 m<sup>2</sup> 的样方,共 60 块。对每一样方进行各项测树因子及其它情况调查,起测径阶 3 cm。在每一样方内随机设置 1m×1 m 小样方 2 个,进行草本植物/层间植物及幼苗和胸径 3 cm 以下的幼树调查(杜道林等,1995; 王伯荪等,1982; 蒋有绪,1982; 王伯荪等,1985)。标准地、样方、小样方的所有调查情况记录在 13 个调查表格中。

### 2.2 测试

物种间联结性或称种间联结是指不同种在空间分布的相互关联性(杜道林等,1995; 王伯荪等,1985; Greig-Smith,1983)。

#### 2.2.1 关联的测度

种间产联的测度公式有十多个(阳含熙等,1983; 林鹏,1986; 王伯荪,1987; 朱忠保,1991),本文选用如下 3 个在 0 与 1 之间取值的无中心指数。

$$\text{Ochiai 指数 } O1 = a / (a + b)^{1/2} (a + c)^{1/2} \quad (1)$$

$$\text{Dice 指数 } D1 = 2a / (2a + b + c) \quad (2)$$

$$\text{Jaccard 指数 } J1 = a / (a + b + c) \quad (3)$$

在 2×2 联列表中,a 为两种物种出现的样方数;b,c 分别为仅有种 2 或 1 出现的样方数;d 为两种均未出现的样方数;N 为样方总数,且 N = a + b + c + d(后同)。

#### 2.2.2 成对物种间的联结性检验 - X<sup>2</sup> 检验

X<sup>2</sup> 统计量常用于确定实测值与概率基础上的预期值之间偏差的显著程度。常用的有如下四个公式(阳含熙等,1983; 杜道林等,1995; Dice,1985; Goodall,1973):

$$X^2 = \sum [\text{obs(实测值)} - \text{exp(预期值)}]^2 / \text{exp} \quad (4)$$

$$X^2 = [|ab - bc| - N/2]^2 / [(a+b)(c+b)(a+c)(b+d)] \quad (5)$$

$$X^2 = (ab - bc)^2 N / [(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)] \quad (6)$$

$$X^2 = (ab - bc - 0.5N)^2 N / [(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)] \quad (7)$$

用(4)计算较繁琐,且常有偏,(6)(7)两式为简化计算。本文采作 Yates 连续校正公式即(5)式。若 X<sup>2</sup>>3.841,则表示种对间联结性显著;若 X<sup>2</sup>>6.635,表示种对间联结性极显著。

#### 2.2.3 关联种类的判别

关联有正关联和负关联之分,对(5)式,若 a > (a+b)(a+c)/N,则为正关联;反之为负关联(王伯荪等,1985)(Greig-Smith,1983)。所有计算结果列于表 2。为求计算结果的直观表达,绘制了全矩阵图、半矩阵图和星座图,见图 1、2、3。

表 2 八大公山多脉青冈、亮叶水青冈林 14 个优势树种种间联结指数和 X<sup>2</sup>-检验统计量

物种对	联结性	X <sup>2</sup>	联结指数		
			Ochiai	Dice	Jaccard
1-2	+	18.047	0.674	0.667	0.500
1-3	-	0.074	0.096	0.095	0.050
1-4	+	5.724	0.516	0.500	0.28
1-5	-	0.341	0.174	0.174	0.095
1-6	+	5.242	0.541	0.453	0.293

(续表)

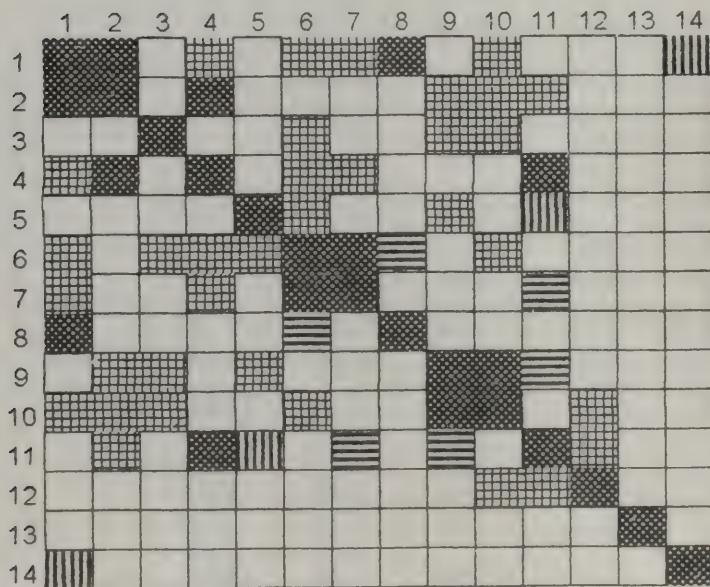
物种对	联结性	$X^2$	联结指数		
			Ochiai	Dice	Jaccard
1-7	+	4.767	0.535	0.444	0.286
1-8	+	7.175	0.544	0.533	0.364
1-9	+	2.930	0.452	0.438	0.280
1-10	+	5.104	0.527	0.476	0.313
1-11	+	2.679	0.488	0.426	0.270
1-12	+	1.226	0.446	0.391	0.243
1-13	-	2.406	0.114	0.111	0.059
1-14	-	3.883	0.072	0.071	0.037
2-3	+	0.120	0.222	0.222	0.125
2-4	+	7.650	0.570	0.556	0.385
2-5	-	0.019	0.169	0.167	0.091
2-6	+	1.968	0.507	0.444	0.286
2-7	+	1.665	0.501	0.436	0.279
2-8	+	0.043	0.321	0.308	0.182
2-9	+	4.565	0.537	0.500	0.333
2-10	+	6.090	0.567	0.522	0.353
2-11	+	3.981	0.528	0.489	0.324
2-12	+	0.750	0.378	0.375	0.231
2-13	-	0.052	0.154	0.154	0.091
2-14	-	0.263	0.089	0.087	0.045
3-4	+	0.017	0.237	0.231	0.130
3-5	-	0.098	0.175	0.121	0.095
3-6	+	3.923	0.488	0.409	0.257
3-7	+	0.656	0.391	0.333	0.200
3-8	-	0.029	0.169	0.167	0.091
3-9	+	6.461	0.528	0.462	0.300
3-10	+	3.871	0.478	0.421	0.267
3-11	-	1.939	0.122	0.108	0.057
3-12	+	0.913	0.338	0.333	0.200
3-13	-	0.019	0.169	0.167	0.091
3-14	-	0.089	0.095	0.095	0.050
4-5	+	0.139	0.298	0.296	0.174
4-6	+	5.495	0.579	0.519	0.350
4-7	+	4.537	0.559	0.510	0.342
4-8	-	3.445	0.110	0.108	0.157

(续表)

物种对	联结性	$X^2$	联结指数		
			Ochiai	Dice	Jaccard
4-9	+	1.422	0.471	0.444	0.286
4-10	+	1.090	0.464	0.435	0.385
4-11	+	8.103	0.596	0.517	0.400
4-12	+	0.022	0.348	0.333	0.200
4-13	-	0.139	0.149	0.148	0.080
4-14	-	0.928	0.078	0.017	0.077
5-6	+	4.335	0.500	0.400	0.250
5-7	+	1.044	0.429	0.335	0.200
5-8	+	0.079	0.263	0.261	0.150
5-9	+	3.871	0.478	0.421	0.267
5-10	+	0.656	0.391	0.333	0.200
5-11	-	4.364	0.110	0.093	0.049
5-12	+	0.735	0.354	0.333	0.200
5-13	-	0.019	0.158	0.154	0.083
5-14	-	0.835	0.079	0.077	0.040
6-7	+	11.571	0.872	0.870	0.769
6-8	-	8.604	0.365	0.308	0.182
6-9	+	0.055	0.717	0.706	0.545
6-10	+	3.923	0.693	0.658	0.490
6-11	+	2.476	0.617	0.563	0.392
6-12	+	0.835	0.530	0.455	0.294
6-13	-	0.134	0.141	0.074	0.038
6-14	-	0.054	0.212	0.111	0.059
7-8	+	2.523	0.477	0.392	0.244
7-9	+	3.704	0.612	0.526	0.357
7-10	+	1.055	0.456	0.385	0.238
7-11	-	7.884	0.283	0.267	0.154
7-12	+	0.307	0.439	0.377	0.233
7-13	-	0.033	0.158	0.091	0.048
7-14	-	0.682	0.141	0.089	0.047
8-9	-	1.393	0.165	0.140	0.075
8-10	-	1.939	0.122	0.108	0.057
8-11	+	0.055	0.316	0.286	0.167
8-12	-	0.656	0.179	0.158	0.086
8-13	-	0.129	0.120	0.118	0.063

(续表)

物种对	联结性	$\chi^2$	联结指数		
			Ochiai	Dice	Jaccard
8-14	-	0.029	0.112	0.111	0.059
9-10	+	9.375	0.680	0.679	0.514
9-11	-	6.820	0.200	0.200	0.111
9-12	+	1.076	0.462	0.462	0.300
9-13	-	0.055	0.253	0.229	0.129
9-14	+	0.571	0.413	0.400	0.250
10-11	+	0.224	0.592	0.483	0.318
10-12	+	4.375	0.527	0.526	0.357
10-13	+	0.900	0.404	0.400	0.250
10-14	-	0.011	0.280	0.278	0.161
11-12	+	4.704	0.600	0.600	0.429
11-13	-	0.059	0.340	0.333	0.200
11-14	-	0.206	0.258	0.250	0.143
12-13	+	0.735	0.354	0.333	0.200
12-14	-	0.011	0.280	0.278	0.161
12-14	-	0.079	0.175	0.174	0.095

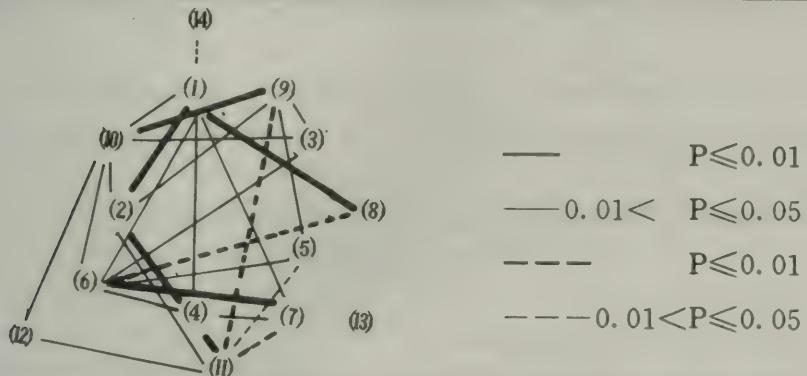
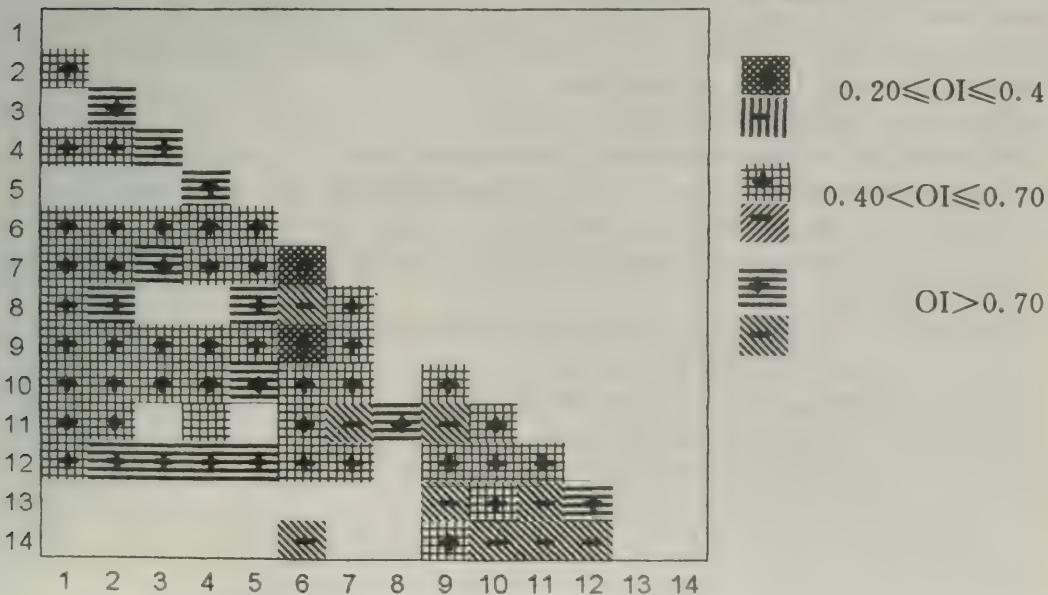
 $P \leq 0.01$  $0.01 < P \leq 0.05$  $P \leq 0.01$  $0.01 < P \leq 0.05$ 图1 八大公山多脉青冈亮叶水青冈林 14个优势种群间联结  $\chi^2$  测定全矩阵图

### 3 结论与讨论

珙桐与水青树、西南山茶相随出现表现出极显著的正关联,与白辛树、多脉青冈、亮叶水青冈和头状四照花的正关联亦达到显著水平。水青树除与珙桐、白辛树的正关联达到极显著水平外,尚与尖叶山茶、头状四照花、长柄绣球有显著的正关联。香果树与多脉青冈、尖叶山茶、头状四照花常相伴而生。白辛树可供选择的混交种为:长柄绣球、水青树、珙桐、多脉青冈、亮叶水青冈。银鹊树与多脉青冈、尖叶山茶有显著水平的正关联。将之归类为表3。

表 3 五种珍稀濒危种混交树种选择

目的树种	混交树种选择顺序					
	1	2	3	4	5	6
珙桐	水青树	西南山茶	白辛树	多脉青冈	头状四照花	亮叶水青冈
水青树	珙桐	白辛树	头状四照花	尖叶山茶	长柄绣球	
香果树	尖叶山茶	多脉青冈	头状四照花			
白辛树	长柄绣球	水青树	珙桐	多脉青冈	亮叶水青冈	
银鹊树	多脉青冈	尖叶山茶				

图 2 八大公山多脉青冈亮叶水青冈林 14 个优势种群间联结  $X^2$  测定星座图图 3 八大公山多脉青冈亮叶水青冈林 14 个优势种群间联结基于  $O_I$  值的半矩阵图

上表中,混交树种选择顺序由混交树种与目的树种相互关联的显著性程度排定。由于几种被选定的目的树种之间有显著的正相联结关系,出现了互为目的树种的情况,应该把这理解为理想的混交模式之一。

根据  $2 \times 2$  联列表,应用  $X^2$  统计量度量及三个联结指数所反映的是目前群落中种间联结情况,这与群落所处的演替阶段有关,为求结论的完备有必要进行定位研究。在具体的生产实

践中,由于各树种的分布范围不一致,所以在实施的过程中应作具体分析。

在亚热带森林群落中进行种间联结关系研究,样方面积一般为 100 m<sup>2</sup>(杜道林等,1995;王伯荪等,1982;王伯荪等,1985),但八大公山地处中亚热带北缘,研究对象地处海拔 1400 m 以上,逻辑上应加大样方面积。另外,由于所选的五种珍稀濒危种群偏小,分布不均匀,只有通过加样方面积才有可能对种间联结关系进行测定,这也是通过标准地确定较大范围的边界再将标准地一分为四的理由。

种间联结关系测定结果多为正联结,产生的原因可能有两种:样方面积偏大(王伯荪,1987;朱忠保,1991);所研究的群落结构趋于稳定。八大公山多脉青冈、亮叶水青冈林是山地植被垂直地带性或基质性的顶极群落,本次测试客观地反映了这一顶极群落中的种间联结关系。

O1、D1 和 J1 值实质上是等效的,它们都不受 d 值影响,不会出现如联结系数、点相关系数那样受 d 值影响大而造成偏差(杜道林等,1995;王伯荪等,1985;Greig-Smith, 1983; Hubalek, 1982)。

种间联结关系反映的是种间相互作用的结果,其内在机制是值得研究的。

#### 参 考 文 献

- 陈灵芝.1993.生物多样性保护现状及其研究.植物杂志.5: 7
- 杜道林,刘玉成等.1995.缙云山亚热带栲树林优势种群间联结性研究.植物生态学报.19 (2): 149—157
- 国家环境保护局自然保护司保护区与物种管理处.1991.珍稀濒危植物保护与研究.北京:中国环境科学出版社,74—83
- 蒋有绪,刘世荣.1993.关于区域生物多样性保护研究的若干问题.自然资源学报.8 (4): 289—298
- 蒋有绪.1982.川西亚同山森林植被的区系、种间关联和群落排序的生态分析.植物生态学与地植物学丛刊.6 (4): 281—301
- 林鹏编著.1986.植物群落学.上海:上海科学技术出版社,31—33
- 林英.1983.世界著名观赏树种·珙桐.生物学通讯.1: 1—4
- 马信祥,许再富等.1993.滇南热带植物物种多样性的迁地保护.植物资源与环境.2 (4): 289—298
- 世界资源研究所(WRI)等中科院生物多样性委员会译.1993.全球生物多样性策略.北京:中国标准出版社,95—96
- 宋朝枢等编著.1988.自然保护区工作手册.北京:中国林业出版社,14—16,19—20,109—115
- 王伯荪,彭少麟.1985.南亚热带绿叶林种间联结测定技术研究.1.种间联结测试的探讨与修正.植物生态学与地植物学丛刊.9 (4): 274—285
- 王伯荪,张志权等.1982.南亚热带常绿阔叶林取样技术研究.植物生态学与地植物学丛刊.6 (1): 51—60
- 王伯荪编.1987.植物群落学.北京:高等教育出版社,50—54
- 邬建国.1990.自然保护区学说与麦克阿瑟—威尔逊理论.生态学报.10 (2): 187—191
- 谢凤阳著.1990.中华古树大观.长沙:湖南科学技术出版社,234—236
- 熊利民,钟章成.1991.四川缙云山森林群落的同期发生演替及其模型预测.生态学报.11 (1): 149—157
- 阳含熙,卢泽愚著.1983.植物生态学的数量分类方法.北京:科学出版社,34—37
- 杨一川,李体骏.1989.四川峨眉山珙桐群落的初步研究.植物生态学与地植物学丛刊.13 (3): 270—276
- 中国科学院生物多样性委员会.1992.生物多样性译丛.北京:中国科学技术出版社,64—69
- 中科院植物研究所珍稀濒危植物研究组郑州试验站.1989.珍稀濒危植物中的速生树种.植物杂志.2:12
- 朱靖.1990.中国的自然保护.生态学报.10 (1): 54—60
- 朱忠保编著.1991.森林生态学.北京:中国林业出版社,159—162
- Goodall, D. W. 1973. Sample similarity and species correlation in ordination and classification of communities (R. H. Whittaker, Ed.). W. Junk, The Hague. 105—156
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative Plant Ecology. 3rd ed. Blackwell Scientific Publications, 1—128
- Hubalek, Z. 1982. Coefficient of association and similarity based on binary(presence-absence) data: an evaluation. Biological Reviews.

57:669 - 689

Moore, P. D. and Chapman, S. B. 1986. *Methods in Plant Ecology*. 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, 462 - 465

## A STUDY ON THE INTERSPECIFIC ASSOCIATION AND SELECTION OF THE TREES IN THE MIXED STAND FOR THE EX SITU CONSERVATION OF FIVE RARE AND ENDANGERED SPECIES IN THE BADAGONGSHAN MOUNTAIN

Xiong Siqing, Zhu Zhongbao, Zhu Linfeng, Xiong Fang, Li Diyous

(Central-South Forestry University, Zhuzhou, Hunan 412006)

Based on a  $2 \times 2$  contingency table, several techniques, including variance analysis,  $\chi^2$  - test, Ochiai index, Dice index and Jaccard index, were used to determine the interspecific association of the 14 dominant species in the Badagongshan Mountain, Hunan Province. The results were expressed using the semi - matrix, the complete matrix and the constellation figure. According to the results, the tree species, which will be planted in the mixed stand, in which the rare and endangered species will be the dominant species, can be determined. Using this method, we have provided some theoretical bases for the mixed stand, which was established for the *ex situ* conservation of the five rare and endangered species in the Badagongshan Mountain.

**Key words:** Rare and endangered species, Interspecific association, Tree species in mixed stand

# 三峡特有植物荷叶铁线蕨 (*Adiantum reniforme* var. *sinense*) 生境特征的初步研究

沈泽昊<sup>1</sup> 吴金清<sup>1</sup> 赵子恩<sup>1</sup> 黄汉东<sup>1</sup> 鲁孝先<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院武汉植物研究所, 武汉 430074)

(<sup>2</sup> 湖北省医药工业研究所, 武汉 430062)

**摘要** 通过野外调查和实验分析来研究三峡特有的濒危植物荷叶铁线蕨的生物和非生物环境, 结果表明: 该种适宜于中亚热带气候条件, 喜直射光线不强而漫散射光线充足的生境, 对低温限制可能较敏感; 常见于空气和土壤的湿度较高而排水良好的陡峭生境; 土壤呈酸性, 主要养分含量较高, 盐分淋溶强烈, 土壤剖面上有一定程度的粘粒淀积和富铁铝化现象。荷叶铁线蕨常见于分布区内的各种退化植被的中下层, 卷柏是其最常见的伴生植物; 荷叶铁线蕨的竞争力不强, 往往选择适合其光热水分需求并因地貌和干扰的影响而相对空白的生境形成优势。

**关键词** 荷叶铁线蕨 生物环境 非生物环境

## 1 前言

被列为我国首批重点保护(二级)的珍稀濒危植物荷叶铁线蕨为三峡库区所特有。由于其在分类学上的特殊意义和地域分布上十分狭窄的特征(许天全, 金义兴, 1985; 谢宗强, 1993), 于1978年首次发现即备受重视, 更因为前期调查发现荷叶铁线蕨在库区的垂直分布范围为海拔80~430 m, 并主要集中在海拔350 m以下, 三峡水库对土地的淹没及由此引起的移民开发极有可能导致这一珍稀物种的灭绝。尤其是近年来对荷叶铁线蕨的广泛关注产生了意想不到的副作用, 一些不法商贩为了牟取暴利, 忽患无知群众对这一地带的荷叶铁线蕨进行盲目的掠夺式采挖, 导致曾经广泛分布的荷叶铁线蕨种群大大缩小, 在一些易于到达的生境上已难见其踪迹。因此开展有效的迁地保护对于挽救这一濒危物种就格外重要。基于此目的, 我们于1996年6月到荷叶铁线蕨的原产地四川万县小沱进一步调查它的生存状况和生境特征。以求探讨其迁地和就地保护的生态依据。

## 2 分布区自然地理环境

据我们调查和有关报道(许天全和金义兴, 1985), 荷叶铁线蕨自西向东断续分布于四川万县五桥区至石柱县西沱区之间数十公里沿江地段, 两岸纵深3~5 km, 约东经107°50'~108°21', 北纬30°20'~30°51'。这一地区在地貌上属于川东平行岭谷区, 走向东北—西南、为江北的南华山与江南的方斗山之间的深丘宽谷地形, 地质结构复杂, 基岩类型多样, 但以紫色页岩和石灰岩为主。由于盆地地形和北面大巴山脉的影响, 荷叶铁线蕨分布的沿江地带气候属于中亚热带湿润季风气候类型。年均温18℃左右, 1月份均温6~7℃, 7月份均温28~29℃, 极端低温为-3.7℃, 极端高温为43℃, 年降水量1100~1200 mm, 相对湿度75%~85%, 无霜期300 d左右, 年日照时数为1400~1500 h(许天全, 金义兴, 1985)。地区的地带性植被当为中亚热带常绿阔叶林, 但由于沿江地段人口稠密, 经过长期开发, 除大面积的农田和茶叶、油

茶、柑橘等人工经济林外,天然次生植被主要是马尾松和落叶栎类、枫香等的混交林,以及各种亚热带灌丛和灌草丛,频繁的人为干扰使植被退化十分严重,水土流失很明显。

### 3 调查与分析

我们选择荷叶铁线蕨分布的不同生境,采用样方法调查其所处的群落类型、结构和伴生物种,荷叶铁线蕨的生长状况,以及群落处境的小气候、小地貌、基岩和土壤特征,从生物环境和非生物环境两方面来探讨荷叶铁线蕨的生存条件。

表 1 荷叶铁线蕨生境土壤的化学性质

化学性质	A 层	B 层	C 层
pH 值	4.47—5.60	4.90—5.74	5.47—5.77
有机质 (%)	5.78—13.20	4.30—12.35	4.14—8.08
速效 P(mg/100g)	2.07—3.20	1.66—2.74	1.29—2.29
速效 K(mg/100g)	9.22—21.4	5.98—8.18	4.81—6.89
全盐 (%)	0.003—0.029	0.007—0.017	0.002—0.007
Ca <sup>2+</sup> (%)	0.0009—0.0034	0.0006—0.0013	0.0005—0.0019
Mg <sup>2+</sup> (%)	0.0002—0.001	0.0001—0.0006	0.0001—0.0003
K <sup>+</sup> (%)	0.0017—0.0026	0.0005—0.0013	0.0004—0.0006
Na <sup>+</sup> (%)	0.0009—0.0028	0.0007—0.0021	0.0007—0.0009
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	13.39—13.86	12.73—13.61	11.91—12.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO (%)	3.944—5.32	4.88—5.19	4.784—4.91
CaO (%)	0.200—0.563	0.238—0.532	0.291—0.466
MgO (%)	1.30—1.44	1.24—1.42	1.23—1.26
TiO <sub>2</sub> (%)	0.77—0.787	0.734—0.762	0.700—0.755
MnO (%)	0.077—0.138	0.074—0.130	0.069—0.111
K <sub>2</sub> O (%)	2.519—2.277	1.937—2.47	2.217—2.463
Na <sub>2</sub> O (%)	1.512—2.118	1.447—2.115	1.404—2.008
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.223—0.224	0.153—0.211	0.155—0.211

### 3.1 非生物环境

#### 3.1.1 气候条件

据详细的野外调查和有关资料,荷叶铁线蕨在其分布区内仅见于海拔 430 m 以下地段,而海拔 300 m 以上即零星难觅,而且植株较低矮小得多,生长发育不良。由于这一地段属中亚热带北缘地区,所以海拔高度引起的温度条件变化对荷叶铁线蕨可能是个敏感因子,尤其是昼夜温差和冬季低温;但降水的变化可能影响不大,因为这一高差的降水效应不明显,而且小地形和植被对局部生境的水分条件影响更大。

#### 3.1.2 小地貌

选择不同类型的生境进行调查,发现荷叶铁线蕨较多出现在以下几种小生境:

- (1) 溪沟侧坡:尤其是溪沟拐弯和跌水处,空气湿度较大,荷叶铁线蕨往往成丛出现;
- (2) 陡坎和陡崖的上部边缘和中间的小坎:我们调查地点多为薄层的页岩和灰岩,荷叶铁线蕨的出现与否与岩层的倾向直接相关。若岩层倾向与坡向一致,则土壤水形成的侧流在坎

(崖)面露头,即使在干早期,坎面也较潮湿。荷叶铁线蕨在坎(崖)上部土表到母岩间的垂直剖面上往往集中成带,生长茂盛,形成绝对优势,在崖面中间的小坎上也能生长。而反之,若岩层倾向与坡向相反,则坎(崖)面干燥,荷叶铁线蕨也绝无踪迹。

(3) 疏林下或灌丛中的裸石壁上;

(4) 较湿润的陡坡地的地被草丛中,荷叶铁线蕨往往零星分布。

### 3.1.3 基岩与土壤

据我们的调查和有关资料,荷叶铁线蕨分布地点的基岩有紫色砂页岩和碳酸盐岩;土壤类型为紫色土或黄、红壤。在每个样方中随机两点分A、B、C三层采取土样,带回风干后在中国科学院自然资源综合考察会土壤分析室分析,结果见表1,其中A、B、C分别代表各层土样各项指标的数值平均。

分析结果表明:(1)土壤各层均为酸性,表层酸化更甚;(2)有机质和P、K的速效成分含量较高,由于有机质与N含量间的正相关,所以土壤主要养分的水平较高;(3)总盐分和各代换性金属阳离子的含量很低;(4)土壤中上层存在一定程度的富铁铝化现象;(5)除钙(CaO)外其它土壤矿物元素全量的水平也较高;另外,土样的质地分析结果除表土层为沙壤土外,中下层均为粘土。结合荷叶铁线蕨分布的温暖湿润的小气候和陡峭的小地貌可以看出,荷叶铁线蕨生长的土壤经历着较强烈的盐分淋溶过程,而导致低盐分和酸性;风化分解形成粘粒和残积的氧化铝,铁在土壤剖面不同部位已有一定程度的淀积或富集;土壤剖面整体呈酸性,且CaO明显低于其它矿物元素含量表明土壤基岩至少可能不是石灰岩,而是其它类型的化学沉积岩。

## 3.2 生物环境

### 3.2.1 群落类型与结构

调查和有关报道表明(许天全,金义兴,1985),荷叶铁线蕨在其分布区范围内较普遍地存在于不同的植物群落中,如马尾松(*Pinus massoniana*)、槲栎(*Quercus aliena*)疏林(样方5)、短柄枹栎(*Quercus serrata* var. *brevipetiolata*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)幼林(样方5)、黄荆(*Vitex negundo*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、梾木(*Loropetalum chinense*)、马桑(*Coriaria sinica*)、窄叶火棘(*Pyracantha angustifolia*)、石岩枫(*Mallotus repandus*)、小构(*Broussonetia papyrifera*)、南天竺(*Nandina domestica*)、细叶珍珠莲(*Ficus sarmentosa*) (样方4、10)等灌丛,以及以白茅(*Imperata cylindrica* var. *major*) (样方9)、荩草(*Arthraxon hispidus*) (样方11)、野古草(*Arundinella hirta*) (样方2)和三裂脉紫菀(*Aster ageratoides*)、宽叶腹水草(*Veronicastrum latifolium*)等为优势的草丛,但荷叶铁线蕨因其成丛生长的习性和对生境的特殊要求,也常形成小片单优群落(样方1、3),或与其它耐荫植物卷柏(*Selaginella* sp.)、乌蕨(*Onychium japonicum*)、海金沙(*Lygodium japonica*)、凤尾蕨(*Pteris nervosa*)、地枇杷(*Ficus tikoua*)等均衡共存。

荷叶铁线蕨所处的群落,一般包括草本层、灌木层,有时有乔木层或散生的乔木,但多为幼株或幼林,乔木层盖度一般小于50%,灌木层高30~60 cm,盖度在20%~40%,草本层高40 cm以下,盖度变化较大。但当乔、灌、草盖度较大时,荷叶铁线蕨往往只有零星分布。荷叶铁线蕨高15~20 cm,处于本层中较低的亚层,夏秋季节在群落中不明显,而由于其常绿特性,故在冬春季节构成草本层中一个突出的层片。

### 3.2.2 伴生种类

荷叶铁线蕨较多地存在于草丛或灌草丛中,其常见的伴生种也以草本为主。在所调查的10个样方(带)中,与其相伴的一共有53科87属的98种植物,包括草本植物37种,灌木24种,乔木13种,草质藤本4种,木质藤本10种,蕨类10种。其中种类较多的科有菊科(9属11种),禾本科(8属9种),豆科(5属5种),葡萄科(4属4种),桑科(3属5种),蔷薇科(3属3种)和大戟科(3属3种)。

另外,从样方中伴生物种的出现频度来看,卷柏与荷叶铁线蕨几乎是形影不离,由于两者属同种生活型,在群落中的位置也相似,看来是对适宜后者的生境的一种较好的指示植物,出现频度较大的还有,荩草,地枇杷,黄荆,宽叶腹水草,蝴蝶鸢尾(*Iris japonica*),野古草,盐肤木,野菊花(*Dendranthema indicum*),舌苔草(*Carex ligulata*),芒(*Misanthus sp.*),苦苣苔科一种。

### 3.2.3 伴生物种的生态属性

考察与荷叶铁线蕨相伴生物种的生态属性,尤其是它们对生境的选择,对于确认荷叶铁线蕨对生境条件的需要,也是一种有效的佐证材料。我们根据样方(带)所处的处境,并参照《中国高等植物图鉴》、《四川省植物志》和《湖北植物志》的资料的记录,统计样方植物的适宜生境(见附表),可以看出:

(1) 样方中出现的13种乔木绝大多数都是喜光树种,甚至多为灌草丛生境的早期乔木侵入种;(2) 28种灌木中广布者4种,适宜于光线较好的疏林灌丛草坡等生境的14种,较耐荫者7种,较喜湿者4种;(3) 木质藤本8种,都是适宜分布于林缘灌丛草坡等喜光生境的,而4种草质藤本则都适宜于林下沟边的阴湿环境;(4) 在31种多年生草本植物中,适宜于林下沟边等生境的耐荫喜湿者12种,分布于山坡、路边、田野,即喜光而耐干扰者喜光11种,是典型的r-对策者;广布者4种,林下耐荫种4种;而6种一年生草本植物均是强r-对策者,适宜于干扰频繁,光、水条件充足处。(5) 除荷叶铁线蕨外的9种蕨类植物都是喜阴湿的,适宜于林下,沟边或石上。

从群落的垂直结构来看,处于群落上层的木本植物大多是阳性的,所以,荷叶铁线蕨分布的生境总体来讲是开敞的,光线充足的,但由于其处在群落下层,故所受光线直射并不多;群落下层的低矮草本植物、草质藤本和蕨类以及部分灌木则多为耐荫喜湿种类,表明荷叶铁线蕨常见的生境水分条件较好。另一方面,这类生境一般受干扰较多,但荷叶铁线蕨因其植株矮小,故一般当较少受到直接的破坏,而毋宁是其倾向于选择这类干扰后形成的生境条件。

### 3.2.4 种间竞争

从荷叶铁线蕨分布的地貌,群落生境及其在各处生长的状况,我们发现它在所处群落中的竞争能力不强,并往往倾向于选择由于地形、干扰等各种原因形成的空白生态位,如陡坎、石上、和较为退化的植被中,这种能力也与其孢子繁殖的特性相吻合。

## 4 结语

通过对荷叶铁线蕨分布的生物和非生物环境特征的调查分析,可以认为:

(1) 荷叶铁线蕨的生存和繁殖适合于中亚热带温暖湿润的气候条件,其分布局限于低海拔地段大面积水体附近表明冬季低温可能是限制其分布范围的一个敏感因子。

(2) 荷叶铁线蕨特别适宜于空气和土壤比较湿润,直射光线不强而漫散射光线较充足的生境;常见于沟边陡坎,疏林灌丛内石上及湿润的崖边土面上;

(3) 荷叶铁线蕨生境土壤为酸性,主要养分含量较高,盐分淋溶强烈,剖面上有一定程度的富铁、铝和粘粒淀积现象。土壤矿物元素含量除钙外多较高;

(4) 铁线蕨常见于其分布区内各种退化植被尤其是灌草丛中;处于群落草本层中较低的亚层,构成这类灌草丛中常绿蕨类层片的主要成分;

(5) 荷叶铁线蕨的伴生植物主要是菊科,禾本科,豆科,葡萄科,桑科,蔷薇科和大戟科的草本、灌木和藤本植物,以及一些蕨类。其中卷柏是其最常见的伴生植物,有一定的生境指示作用。荷叶铁线蕨在群落中的竞争力不强,同时因其孢子繁殖的属性,故往往在适合其光热水分需要但因地形、干扰等因子而相对空白的生境形成优势,成丛生长。

#### 参 考 文 献

谢宗强.1993.珍稀濒危植物荷叶铁线蕨的现状与保护对策.生物多样性.1(1): 25-29

许天全,金义兴.1985.珍稀植物荷叶铁线蕨的分布与生态的调查.武汉植物研究.3(2): 17-21

## A PRELIMINARY STUDY ON THE HABITAT ATTRIBUTES OF ADIANTUM RENIFORME VAR. SINENSE, AN ENDANGERED SPECIES OF THE THREE GORGE REGION

Shen Zehao<sup>1</sup>, Wu Jinqing<sup>1</sup>, Zhao Zien<sup>1</sup>, Hang Handong<sup>1</sup>, Lu Xiaoxian<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Wuhan Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074)

(<sup>2</sup>The Institute of Medicine Industry of Hubei Province, Wuhan 430062)

A study is done to detect the biological and non-biological environmental factors of an endangered endemic plant species of the Three Gorge Region, *Adiantum reniforme* var. *sinense*, through field study and laboratory experiment. The results show that the species prefers the habitat with less direct sun ray but enough indirect sun light under central tropical climate, and may be sensitive to the limitation of low temperature. It often occurs at steep sites with high humidity in atmosphere and soil. The soil at the habitats is acidic, with high content of the chief nutrients; the salt leaching in soil profile is strong, the deposition of clay grain and richening of Fe and Al are apparent also. *Adiantum reniforme* var. *sinense* is often seen at the lower layer of the degraded vegetation common in its distribution region, and *Selaginella* is the most common accompanying plant. *Adiantum reniforme* var. *sinense* is not strong in competition; it tends to choose the habitat with suitable situation of light, temperature and humidity and weak stress of competition.

**Key words:** *Adiantum reniforme* var. *sinense*, Biological environment, Non-biological environment

# 滇东南的珍稀濒危植物及其自然保护研究

陆树刚<sup>1</sup> 王玉寿<sup>2</sup> 张荣贵<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 云南大学生态学与地植物学研究所, 昆明 650091)

(<sup>2</sup> 红河哈尼族彝族自治州林业科学研究所, 云南个旧 661400)

**摘要** 本文研究滇东南的珍稀濒危植物及其自然保护。东南部是中国或云南省生物多样性中心之一。有87种国家级保护的珍稀濒危植物出现于该地区。本文在研究这些珍稀濒危植物的区系特点和生态地理分布特点的基础上, 讨论这些珍稀濒危植物的自然保护问题。

**关键词** 滇东南 珍稀濒危植物 自然保护

## 1 自然概况

东南部包括云南省的文山壮族苗族自治州和红河哈尼族彝族自治州, 地理位置位于北纬 $22^{\circ}26' \sim 24^{\circ}44'$ , 东经 $101^{\circ}48' \sim 106^{\circ}12'$ 之间, 面积 $65170 \text{ km}^2$ , 东邻广西, 南接越南北部。

该地区的北部属于喀斯特(岩溶)地貌, 南部属于中山峡谷地貌, 最低处海拔76.4 m, 最高处海拔3070 m, 海拔高差近3000 m。因地形复杂, 气候分异也较大, 河谷低海拔地区为热带气候, 山地多为南亚热带季风气候, 年平均降水量通常在1000~2000 mm之间, 南部少数地区可达2000 mm以上。与气候相适应, 该地区的土壤有砖红壤、赤红壤、红壤和山地黄壤等。

表1 滇东南的珍稀濒危植物与其他地区的比较

地区	面积( $\text{km}^2$ )	种数	占全国百分比(%)
全国	9600000	389	/
云南	380000	154	39.6
滇东南	65170	87	22.4
广西	230000	113	29.0
广东、海南	220000	91	23.4
四川	560000	78	20.1
贵州	170000	65	16.7

该地区由于生态地理环境复杂, 植被类型多样, 植物种类丰富。该地区的主要植被类型有湿润雨林、山地雨林、石灰山季雨林、落叶季雨林、季风常绿阔叶林、中山湿性常绿阔叶林, 山地苔藓常绿阔叶林和山顶苔藓矮林等(吴征镒等, 1987)。该地区的植物区系被认为是中国植物区系中的三大特有现象中心之一(应俊生、张志松, 1984)和云南的两大生物多样性中心之一(李锡文, 1994), 甚至被认为是全球范围内可作为生物多样性中心的候选地区之一(王献溥, 1992)。

## 2 滇东南的珍稀濒危植物

### 2.1 种类

在国家第一批公布的 389 种国家级保护珍稀濒危植物种类中(国家环境保护局、中国科学院植物研究所,1987),云南有 154 种,滇东南有 87 种。据此资料统计,滇东南的珍稀濒危植物种类在全国也仅次于广西和广东(含海南)(表 1)。滇东南的面积不及全国面积的 1%,而滇东南的珍稀濒危植物种类却占全国总数的 22.4%,由此可见,滇东南是我国珍稀濒危植物种类最多的地区。

### 2.2 区系特点

滇东南的珍稀濒危植物,根据其地理分布区可以划分为 4 种分布区类型(表 2)。

表 2 滇东南珍稀濒危植物的分布区类型

分布区类型	种数	占总数%
热带亚洲至热带大洋洲分布	2	2.3
热带亚洲分布	40	46.0
东亚分布	2	2.3
中国特有分布	43	49.4
合计	87	100.0

滇东南的珍稀濒危植物其地理成分以中国特有成分最多,共 43 种,占总数的 49.4%,热带亚洲成分次之,共有 40 种,占总数的 46.0%,其他两类成分都极少,仅各有 2 种,各占总数的 2.3%(表 2)。

在 43 种中国特有成分中,原始莲座蕨 *Archangiopteris henryi*、毛枝五针松 *Pinus wangii*、云南金钱槭 *Dipteronia dyeriana*、姜状三七 *Panax zingiberensis*、云南七叶树 *Aesculus wangii*、大果木莲 *Manglietia grandis*、华盖木 *Manglietiastrum sinicum*、香籽含笑 *Michelia hedyosperma* 和云南拟单性木兰 *Parakmeria yunnanensis* 等为滇东南(特别是其南部)特有;叉叶苏铁 *Cycas micholitzii*、大叶木莲 *Manglietia megaphylla*、金丝李 *Garcinia paucinervis*、锯叶竹节树 *Carallia diplopetala*、蒜头果 *Malania oleifera* 和心叶蚬木 *Burretiodendron esquirolii* 等为滇东南与桂西北的共同特有。

在 40 种热带亚洲成分中,云南穗花杉 *Amentotaxus yunnanensis*、北越龙脑香 *Dipterocarpus retusus*、多毛坡垒 *Hopea mollissima*、东京桐 *Deutzianthus tonkinensis*、大叶龙角 *Taraktagenos annamensis*、喙核挑 *Annamocarya sinensis*、滇木花生 *Madhuca pasquieri*、香木莲 *Manglietia aromatica*、马尾树 *Rhoiptelea chiliantha*、滇桐 *Craigia yunnanensis* 和蚬木 *Burretiodendron hsienmu* 等为滇东南(或滇东南和桂西北,少数种类达黔西南)至越南北部的特有。

因此,在滇东南的珍稀濒危植物中,滇东南特有或滇东南及其附近地区(北部湾地区)特有种类极其丰富。地区特有成分丰富,证明滇东南的珍稀濒危植物地域性明显,滇东南是我国珍稀濒危植物保护的关键地区之一。

### 2.3 生态地理分布特点

滇东南的珍稀濒危植物,有 25 种出现于 500 m 以下的海拔范围,有 50 种出现于 1100 m 以下的海拔范围,而出现于 2500 m 以上的仅有 8 种,种类出现最多的垂直带是 1000~1500 m 范围的季节常绿阔叶林或山地雨林带,在该垂直带出现的种类占总数的 57% 以上(见图 1)。因此,低海拔分布是滇东南珍稀濒危植物的生态地理特点之一。

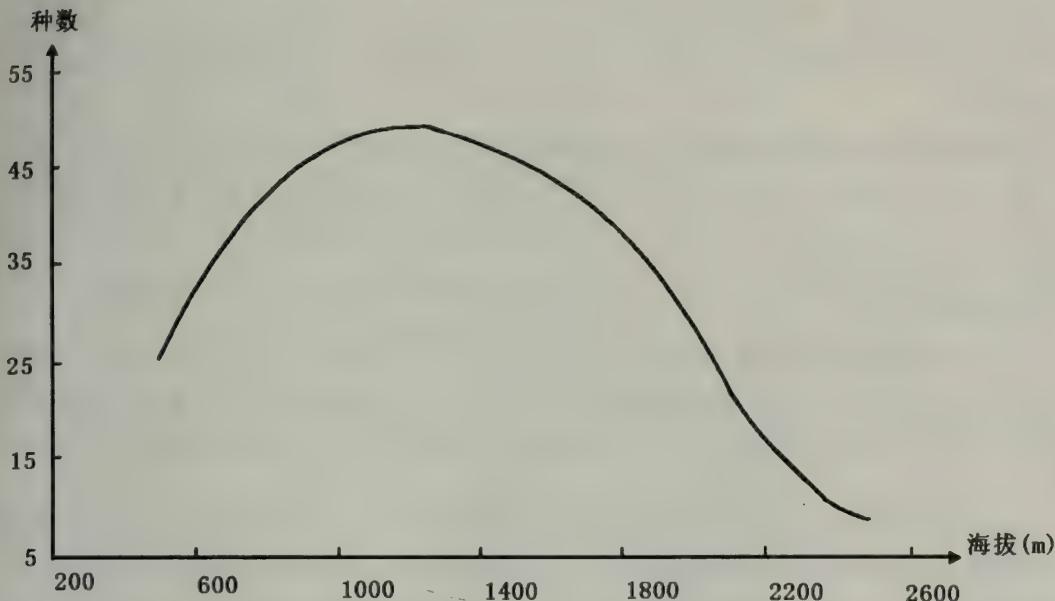


图1 滇东南珍稀濒危植物的垂直分布

滇东南的珍稀濒危植物,90%以上的种类为木本植物,80%以上的种类存在于森林群落之中,甚至有许多种类是当地各类森林群落的优势种或建群种,如湿润雨林中的北越龙脑香林和多毛坡垒林,山地雨林中的假含笑林、滇木花生林和大叶木莲林。季雨林中的蚬木林,季风常绿阔叶林中的鸡毛松林和中山湿性常绿阔叶林中的红花木莲林等,这些群落中的优势种或建群种都是国家保护的珍稀濒危植物。因此,木本种类多、有许多种类作为当地森林群落的优势种或建群种是滇东南珍稀濒危植物的生态地理特点之二。

东南部的珍稀濒危植物,既有望天树 *Shorea wangtianshuea* (*Parashorea chinensis*) 等热带种类,又有大王杜鹃 *Rhododendron rex* 等温带植物;既有董棕 *Caryota urens* 等喜光植物,又有八角莲 *Dysosma versipellis* 等耐荫植物;既有桫椤 *Alsophila spinulosa* 等土生植物,又有黑节草 *Dendrobium candidum* 等附生植物;既有剑叶龙血树 *Dracaena cochinchinensis* 等旱生植物,又有海菜花 *Ottelia acuminata* 等水生植物;既有金丝李等钙质土植物,又有野茶树 *Camellia sinensis* var. *assamica* 等酸性土植物。因此,生态类型多样是滇东南珍稀濒危植物的生态地理特点之三。

综上所述,滇东南的珍稀濒危植物具有低海拔分布、木本种类多和生态类型多样等生态地理分布特点。

### 3 滇东南珍稀濒危植物的自然保护

#### 3.1 自然保护的现状

滇东南是个多山地区,由于经济落后等原因,目前,2000 m 以下的海拔范围已普遍遭到人类的破坏,1500 m 以下海拔范围则破坏更严重。自然保护区也不例外。滇东南目前有小桥沟、老君山、大围山、分水岭、黄连山、观音山和阿姆山 7 个省级自然保护区,此外,还有薄竹山和西隆山等地市一级的自然保护区。但是,这些自然保护区的有效保护范围多数在 1500 m 以上或甚至在 2000 m 以上。而滇东南的珍稀濒危植物,如前所述,又多数分布于 2000 m 以下,

特别是1500 m以下。因此,滇东南的珍稀濒危植物,目前至少仍有50%的种类因生境遭到破坏而得不到有效保护。分布于自然保护区范围内的种类也并非已得到有效的保护。在滇东南的自然保护区内,普遍种植草果 *Amomum tsaoko* 等经济植物,极大地影响着珍稀濒危植物的繁殖更新。

经济价值大的珍稀濒危物种,如福建柏、鸡毛松、云南拟单性木兰(黄心树),假含笑(黑心树),望天树(小叶船板木)和北越龙脑香(大叶船板木)等,因木材优良而被当地居民传统地采伐利用,如黑节草和姜状三七等也因其入药而被过度采收。这些物种,即使分布于自然保护区范围内也得不到有效保护。

### 3.2 自然保护的对策

鉴于滇东南的珍稀濒危植物具有地区特有成分丰富,低海拔分布、木本种类多和生态类型多样等特点,就地保护是滇东南珍稀濒危植物自然保护的最佳途径。如何使滇东南的珍稀濒危植物在当地得到有效保护,这已成为目前亟待解决的实际问题。为此,本文提出以下保护对策。

(1) 对于经济价值大的种类,如福建柏、长叶竹柏、鸡毛松、北越龙脑香,多毛坡垒、望天树、蝴蝶果、云南拟单性木兰、假含笑、红椿,蒜头果,滇木花生和蚬木等,宜进行开发性保护。即结合滇东南的荒山绿化或滇东南的扶贫开发,种植珍稀濒危物种的经济林木。这样,既减少当地居民对野生资源的破坏,又发展了边疆少数民族地区的经济,使自然资源能得到持续利用。

(2) 对于经济价值不大,又不易进行迁地保护的物种,如原始观音座莲、桫椤、隐翼、四数木、滇南风吹楠、云南肉豆蔻、滇桐和火麻树等,宜增设部分自然保护区(点),保护天然生境,恢复残存种群。

(3) 对于既有经济价值,又容易进行迁地栽培的种类,如叉叶苏铁、云南苏铁、姜状三七、黑节草、八角莲和香水月季等,宜在滇东南就地或就近引种栽培。因此需要建立滇东南珍稀濒危植物引种栽培中心,把易流入花卉市场或药材市场而遭到破坏的种类进行引种繁育栽培。

(4) 加强自然保护区的有效保护,完善自然保护区的缓冲带建设,在自然保护区的核心区严禁扩种草果,在草果地里严禁拔树苗(特别是珍稀濒危物种的树苗),在自然保护区范围内严禁采伐或采挖珍稀濒危植物资源以及在各地交易市场上严禁收购各种野生珍稀濒危植物等。

**致谢:**本项研究在野外考察过程中得到西畴县、麻栗坡县、马关县、屏边县、河口县、金平县、绿春县和元阳县等县林业局或自然保护区管理所的协助,得到红河哈尼族彝族自治州林业局和红河哈尼族彝族自治州林业科学研究所的支持。初稿写成后,承蒙中国科学院昆明植物研究所陈书坤研究员、云南大学金振洲教授、姜汉侨教授审阅,并提出宝贵的修改意见和建议。在此,一并致谢。

### 参考文献

- 云南省林业调查规划院.1989. 云南自然保护区.北京:中国林业出版社  
 王献溥.1992. 特有种的基本概念及其在确定生物多样性中心的作用.自然资源(4): 68-73  
 李锡文.1994. 中国特有中子植物属在云南的两大生物多样性中心及其特征 云南植物研究 16(3): 221-227

- 应俊生,张志松.1984.中国植物区系中的特有现象—特有属的研究.植物分类学报.22(4): 259-268  
吴征镒,朱彦丞(主编).1987.云南植被.北京:科学出版社  
吴征镒.1991.中国种子植物属的分布区类型.云南植物研究.(增刊IV): 1-139  
国家环境保护局,中国科学院植物研究所.1987.中国珍稀濒危植物名录.北京:科学出版社  
国家环境保护局自然保护司保护区与物种管理处编.1991.珍稀濒危植物保护与研究.北京:中国环境科学出版社  
徐永椿主编.1988,1990,1991.云南树木图志(上、中、下).昆明:云南科技出版社  
傅立国,1992.中国植物红皮书(稀有濒危植物).第一册.北京:科学出版社

## THE RARE AND ENDANGERED PLANTS AND THEIR CONSERVATION IN SOUTHEAST YUNNAN

*Lu Shugang<sup>1</sup>, Wang Yushou<sup>2</sup>, Zhang Ronggui<sup>2</sup>*

(<sup>1</sup>Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650091)

(<sup>2</sup>Honghe Forestry Research Institute, Gejiu 661400)

This paper deals with the rare and endangered plants and their conservation in southeast Yunnan, which is one of the biodiversity centres in China and in Yunnan Province. Eighty-seven species of rare and endangered plants under conservation at state level have been found in this region. This paper, based on floristic and eco-geographical studies, discusses the conservation of these rare and endangered plants.

**Key words:** Southeast Yunnan, Rare and endangered plants, Conservation

# 我国柽柳科植物的多样性及其保护对策<sup>\*</sup>

潘伯荣

(中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所, 乌鲁木齐 830011)

**摘要** 柽柳科是一个古老的科, 该科仅3个属, 全球共约120种, 主要分布在欧、亚、非三洲。该科植物的多数种类生于荒漠和半荒漠地区, 其中许多种为荒漠的主要建群植物。柽柳科植物多样性特点较为突出, 表现在遗传、物种、生境、生态系统、景观等许多层次上。现亟待研究的问题还很多, 在积极开展保护和合理利用该植物资源的过程中, 应从就地保护和迁地保护两个方面考虑对策。就地保护方面, 应考虑深入开展调查研究、积极加强宣传教育、建立自然保护区、努力推广科研成果, 就地建设与发展植被。迁地保护方面, 应考虑扩大迁地保护的工作范围、深入开展迁地保护的研究、加强迁地保护工作的分工与合作、重视基因库的建设、迁地保护与就地保护工作的紧密结合、积极合理的利用柽柳科植物资源, 以达到柽柳科植物多样性保护之目的。

**关键词** 柽柳科 多样性 保护对策 就地保护 迁地保护

## 1 引言

荒漠地区植被稀疏, 植物种类贫乏, 但该地区的许多植物却是在这里生活的人们赖以生存的重要自然资源之一。

柽柳科 (Tamaricaceae) 的多数种类主要分布于荒漠和半荒漠地区的盐土、河谷或低湿沙地, 其中许多种又属荒漠植被中的主要建群植物。柽柳科中生物量最大的柽柳属 (*Tamarix* L.) 植物, 不仅在维持荒漠生态系统、防风固沙中发挥着重要作用, 而且它们还为荒漠地区长期生活的人们提供了薪炭材、药材、养畜饲料、建筑材料、小型农用具的编制材和改土肥料。此外, 寄生在一些柽柳植物根部的管花肉苁蓉 (*Cistanche tubalosa*) 又是一种重要的药用植物资源, 被誉为“沙漠人参”。正因为柽柳属植物有上述广泛的用途, 特别是在缺煤的地区, 利用柽柳作为薪炭材而大量地砍伐对野生植物资源的破坏量相当大, 加上扩大开荒对植被的破坏, 在60年代至80年代的20多年中, 仅我国新疆塔里木盆地每年平均被破坏的植被面积约近1.5万hm<sup>2</sup>, 这种破坏最为可怕的是将会造成物种的损失, 尤其是那些特有稀少的种类。我国对国产柽柳科植物的分类基本是在80年代才基本准确确定, 其中80年代中后期又鉴定发表了5个新的特有种 (张鹏云等, 1984; 1989)。然而, 上述新种中的莎车柽柳 (*T. sachuensis*) 和塔里木柽柳 (*T. tarensis*), 现已经在原产地找不到野生分布的活植物。1992年, 在巴西里约热内卢召开的“世界环境与发展大会”上, 100多个国家的领导人签署了《生物多样性公约》。近年来, 国内外的专家学者对“生物多样性保护和持续利用”的研究工作越来越予以重视。尽管国内外的科技工作者对柽柳科植物的研究一直未曾中断, 我国在恢复与发展柽柳灌木林的工作中还取得了显著的成绩, 并荣获了联合国环境规划署的表彰。而从生物多样性保护和持

续利用的角度出发,还应对该科植物进行积极、深入的研究。

## 2 柽柳科植物的多样性特点

柽柳科是一个古老的科,该科仅3个属,即柽柳属,红砂属(*Reaumuria* L.),和水柏枝属(*Myricaria* Desv.),全球120多种,主要分布在欧、亚、非三洲,大洋洲、美洲也有分布(北美洲为引种后自然扩繁的)。2个多世纪以来,各国的植物分类研究学者们一直未中断对该科植物的研究,并发表和出版了大批论文和著作(张鹏云等,1988)我国的植物分类学者已于80年代末基本确定了该科植物在我国的分类地位,正式出版了《中国植物志》第50卷第二分册(1990),和《中国沙漠植物志》第二卷(1987)。从200多年各国植物学工作者对柽柳科植物的研究成果中可发现,柽柳科虽然是一个小科,但该科植物的多样性特点较为突出,并属于一个需要开展跨国界重点研究的专科植物,这必须引起国内外植物学界的广泛重视。

### 2.1 柽柳科植物的遗传多样性特点

对柽柳科植物遗传多样性的研究工作涉及很少,但综合分析该科植物的遗传特性,还可发现有以下特点:

#### 2.1.1 生态习性的多样性

柽柳科从第三纪产生后,在系统演化的过程中,既经历了气候由湿润向干旱转变的环境演变,同时还经过第四纪冰期的考验。从植物遗传学的角度分析,该科3个属分别为不同的生态类群。从对水分条件的适应性来看,水柏枝属属湿生、湿中生,柽柳属属中生、旱中生,红砂属属旱生、超旱生。从对盐分条件的适应性来看,柽柳属为典型的盐生植物,红砂属中多种植物亦属此类,即泌盐植物;而水柏枝属的植物并非有此特点。从对土壤基质条件的适应性来看,柽柳属为典型的盐土或碱土植物,也多有适沙埋的特性,尤以沙生柽柳(*T. taklamakanensis*),刚毛柽柳(*T. hispida*)等更为突出,而密花柽柳(*T. arceuthoides*)却是砾生的种类;红砂属中的多数种则为砾生植物,而红砂(*R. songarica*)不仅多生于砾质戈壁,也生于壤土上,同样还适宜盐土或碱土上生长;水柏枝属的植物大都生于河滩、河谷及湖边砂砾地上。就耐盐特性而言,仅国产柽柳属植物的耐盐碱的程度也有很大差异(刘名庭,1991; Xu, 1993),其中,长穗柽柳(*T. elongata*)是最耐盐的种。柽柳属内植物的耐旱性也存在差异(蒋进等,1992)。

#### 2.1.2 花形、花色和花期的多样性

柽柳科植物是以花、叶形为分类依据的一个科。综观柽柳科植物花的特点,主要是以两性花、集成总状花序为主。花萼多4~5深裂,花瓣多4~5分离,花色多粉红色或紫红色,但该科植物种和种之间,以及同种内部在花形、花色、花期上还存在着许多差异。柽柳科中也有单性花,柽柳属和水柏枝属中有些种呈圆锥状花序,而红砂属中多数种植物的花单生,柽柳科植物花色的基调为粉红色,但也有白色、淡白粉红色、鲜粉红色、鲜红色、玫瑰红色、淡紫色、直到紫红色等不同色彩。在同一种内,花色差异也很大,如秀丽水柏枝(*M. elegans*)的花色有白色、粉红色、紫红色多种;密花柽柳和细穗柽柳的花色变化也很大。花色最为艳丽的应属刚毛柽柳和细穗柽柳,而花序最具观赏性的是水柏枝属的一些种和柽柳属的长穗柽柳和细穗柽柳等。

柽柳科最早开花的植物在3月下旬,最晚可到10月份。有的种花期长达5~6个月,如多花柽柳自5~10月一直开花,有的种花期不到一个月;多数种一年内开花一次,个别种一年两次开花。

### 2.1.3 繁衍途径的多样性

柽柳科植物大多以自花授粉为主,亦可异花授粉,因而增加了基因交流。柽柳属最为突出,杂交种和种间的变异突出,给分类工作也带来麻烦,特别是多枝柽柳、细穗柽柳、多花柽柳等花期重叠交叉形成共生群落的种,在群落中常出种下新的遗传类型。

柽柳科植物是以种子的形式繁衍后代,该科植物种子非常小,千粒重仅几十毫克到几百毫克,1克种子多到5000~6000粒(小粒种子),少也有2000~3000粒(大粒种子)。种子上的附属物有利种子传播,借助不同季节的水源条件进行自然繁衍,但种子的生活力只有1~2年。柽柳科中也有极少数依靠茎生不定根的特性增加植株的萌蘖,如匍匐水柏枝(*M. prostrata*)。而柽柳属的多数种则可利用茎枝扦插繁殖,但成活情况各异。经过我们近几年的试验,木质化程度不同的水柏枝属的宽苞水柏枝(*M. bracteata*)依靠茎枝扦插繁殖成活率可达80%以上,同样用疏花水柏枝进行试验也获得成功(熊高明等,1996)。这正反映了柽柳科植物遗传繁殖能力的多样性特点。

### 2.1.4 物种的变异与不稳定性

柽柳科植物种群变异很大,自然界杂交种普遍存在。从属的分类和种的分类来看,一直是有分有合,定为变种的植物也很多,新种仍在发现。国产柽柳科的三个属中,柽柳属的18种,其中4个新种,1个变种,另有一个存疑种;红砂属有4种,其中1个变种;水柏枝属有11种,其中1个变种,另有1个存疑种(崔大方,1988;中国植物志,1990),这既反应了该科植物基因变异的普遍性和丰富度,也证明了该科植物遗传多样性的特点。

## 2.2 柽柳科植物的物种多样性

仅3个属的柽柳科虽是小科,又都是木本植物,但该科的物种数量也不算少,其中柽柳属就有90种。从物种这个水平来看,其多样性特点有以下几个方面。

### 2.2.1 应用价值的多样性

本文开始已谈到了该科柽柳属植物的各种用途,但不尽全面。就我国柽柳科的植物而言,从明代李时珍的《本草纲目》开始,到现代《中国主要树种造林技术》《新疆主要造林树种》《青海经济植物志》《贺兰山维管植物》《新疆药用植物志》《新疆主要饲用植物志》《新疆沙漠化与风沙灾害治理》《新疆森林》《中国沙漠植物志》《治沙造林学》《中国饲用植物志》《中国植物志》《中国蜜粉源植物及其利用》等专著中分别对柽柳科不同植物种的广泛用途及其利用价值都作过介绍,归纳起来有以下几个方面:

#### 2.2.1.1 薪炭材

柽柳属的植物同梭梭属(*Haloxylon* Bunge),沙拐枣属(*Calligonum* L.)的植物都是优质的薪炭材(夏训诚等,1991)。早在70年代末,美国科学院薪炭林小组确认的干旱区最适宜营造的薪炭材树种中就有柽柳属的许多种类,其中有无叶柽柳(*T. aphylla*)等。

#### 2.2.1.2 饲料

已知柽柳属植物嫩枝叶的营养价值与牲畜的适口性都不及红砂属的植物。该科植物的营养成分也各有千秋(崔乃然等,1994),但它们在荒漠牧场中的作用却是肯定的,尤以分布较广、数量较多的一些种,如红砂、匍匐水柏枝、多枝柽柳等。

#### 2.2.1.3 固沙

柽柳属中的许多种类作为固沙植物在40~50年代已被前苏联较广泛应用,尤其是结合它们适盐碱的特性,大量用于盐碱沙地的固沙造林工作中(彼得洛夫,1960);我国从70年代开

始大量的用于固沙造林试验,到80~90年代已取得柽柳植物固沙造林应用的大批成果。在国外,柽柳属中的无叶柽柳等也被埃及、伊朗、也门、以色列、伊拉克、阿尔及利亚等许多国家列为优良的固沙植物。

#### 2.2.1.4 水土保持

柽柳用于黄土高原的水土保持工作始于70年代末,兰州水保站首选甘蒙柽柳为水土保持的优良树种(金正明等,1983),现在荒山上已大量栽植。四川攀枝花市于80年代末引入柽柳属的多种插条,在长江流域的水土保持试验中应用,大多数种成活和生长表现不错。

#### 2.2.1.5 治理盐碱

试验证明,重盐碱地上发展柽柳林,可使土壤含盐量下降(从造林前7.632%下降为0.416%)。新疆南疆地区在盐碱地上引洪育林造林的成绩已得到联合国环境规划署的表彰。近几年来,我国辽宁、山东沿海滩涂和华北地区的许多盐碱地上也开始推广柽柳属中许多耐盐碱造林树种。

上述固沙、水土保持和治理盐碱地的作用,足以证明柽柳属植物是当前荒漠化防治工作中有推广价值的造林树种。

#### 2.2.1.6 药用

柽柳属中的中国柽柳(*T. chinensis*)是我国的传统药材,明、清“本草”中均有记载。民间与民族植物药中也应用了红砂属和水柏枝属的一些种。此外,在柽柳属和红砂属的一些植物的根部,寄生的管花肉苁蓉和锁阳(*Cynomarium caccineum*)也是名贵的中草药。

#### 2.2.1.7 蜜源

柽柳科植物花期早、花期长,花艳花繁,既是早春的粉源和蜜源植物,也是荒漠地区有开发利用前景的粉源和蜜源植物。柽柳分布集中区,每群蜂可取蜜15~20 kg(马德凤等,1993)。

#### 2.2.1.8 园林观赏

柽柳属的园林观赏价值早在清代《花镜》中就有记载。我国许多公园、植物园有栽培,如上海植物园、北京市植物园、西安植物园、甘肃民勤沙生植物园、新疆吐鲁番沙漠植物园、兰州北塔山公园、五泉山公园等。日本国在上世纪末就引种栽培了中国柽柳;我国台湾省许多城市也在很早就引种栽培了国外的无叶柽柳。柽柳属植物的观赏价值不仅仅用于园林栽培,其花序的多样性及色彩的差异还是插花的极好材料。除柽柳属外,水柏枝属的开发利用价值也很大。

#### 2.2.1.9 农用材

新疆的维吾尔族农民,在长期的生活实践中,积累了许多利用柽柳枝条的经验,例如建房时扎制为篱墙,然后再抹泥;用茎杆做工具把;用茎杆和枝条制作木叉;用枝条编织各种筐、篓、笼具;用枝条编制抬把和糖;用枝条作为晾制葡萄干的挂刺等等。

#### 2.2.1.10 其它用途

柽柳也是工业原料植物,其枝叶中含单宁10%左右,可做鞣料,染料之用;柽柳的枯落枝叶与积沙形成的“红柳包”含有有机质成分和硝酸盐类,据《新疆农业技术手册》记载,红柳土含有机质,3%~20%,N,0.2%~0.4%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,0.14%,K<sub>2</sub>O,0.255%,具有改土增肥的作用;柽柳科的植物作为荒漠的主要建群植物,在维护荒漠生态平衡中的作用更显得突出。

#### 2.2.2 古老与珍稀的特性

柽柳科是一个古老的科,在第三纪早中新世或老第三纪就发现了柽柳属和红砂属植物花粉存在。分布范围较为广泛,其中既有广布的种,也有分布范围极狭窄的种,形成许多特有成

分。该科在我国的 3 属 32 种和 3 变种中, 红砂属有 2 个特有种, 桤柳属有 7 个特有种、水柏枝属有 5 个特有种(表 1)。另外还有 2 个存疑种, 即球花水柏枝(*M. laxa*)和蒙古柽柳(*T. mongolica*)。在我国的 14 个特有种内, 除列入国家保护的沙生柽柳和心叶水柏枝外, 五柱红砂、金塔柽柳、塔里木柽柳、莎车柽柳、疏花水柏枝和小花水柏枝也应属珍稀的种类。

### 2.2.3 新分类群的产生

如前言所述, 近十余年来, 植物分类学家就在我国确定了柽柳科植物的 5 个新种, 还有 2 个变种, 也发现了不少杂交种。这说明对该科植物的认识和了解还是不够的。种下等级的多样性亟待我们从物种生物学的角度加强研究。

## 2.3 柽柳科植物生境、群落、生态系统与景观的多样性

柽柳属的大多数种是荒漠生态系统的关键种(尹林克, 1995), 红砂属中的一些种也是如此, 非荒漠区也有柽柳科的一些种类, 尤其是水柏枝属的许多种并不分布在荒漠。柽柳科植物在其生境、群落、生态系统, 乃至景观、区域等方面, 有着极为复杂多样的特点。

### 2.3.1 生境多样性

柽柳科植物从海拔 -100 m 以下的吐鲁番艾丁湖周围, 到海拔 5000 m 左右的冰川雪线以下的水沟边; 从夏季气温高达 50 ℃ 左右的吐鲁番盆地、罗布泊洼地, 到夏季气温还出现 0 ℃ 左右的喜马拉雅山、昆仑山、祁连山; 从高山河谷, 砾石戈壁到流动沙漠、盐碱湖盆; 从荒漠、绿洲平原到江河流域、草原高山; 从欧洲、亚洲到非洲、大洋洲, 处处都有分布。

表 1 中国柽柳科特有、珍稀植物及分布

种名	分布
黄花红砂 <i>R. trigyna</i>	内蒙古、宁、甘
· 五柱红砂 <i>R. kaschgarica</i>	新
甘肃柽柳 <i>T. gunsuensis</i>	新、青、甘、内蒙古
柽柳 <i>T. chinensis</i>	辽、冀、豫、鲁、安、苏
甘蒙柽柳 <i>T. austromongolica</i>	青、甘、宁、内蒙古、陕、晋、冀、豫
· 金塔柽柳 <i>T. jintaenia</i>	甘
· 塔里木柽柳 <i>T. tarimensis</i>	新
· 沙生柽柳 <i>T. taklamakanensis</i>	新、甘
· 莎车柽柳 <i>T. sachuensis</i>	新
· 心叶水柏枝 <i>M. pulcherrima</i>	新
宽叶水柏枝 <i>M. platyphylla</i>	内蒙古、宁、陕
三春水柏枝 <i>M. paniculata</i>	豫、晋、陕、宁、甘、川、云、藏
· 疏花水柏枝 <i>M. laxiflora</i>	湘、川
· 小花水柏枝 <i>M. wardii</i>	藏

注: 带“·”者为珍稀种

### 2.3.2 群落的多样性

柽柳科植物中分布区狭窄的种, 其生境和群落组成较为简单。但对那分布较广的种, 其群落组成则复杂多样。如柽柳属的多枝柽柳、红砂属的红砂, 红砂仅在我国内蒙古的分布范围内就有 3 个亚群系和 12 个群丛组(中科院内蒙古、宁夏综合考察队, 1985), 这还不包括在新疆、甘肃和宁夏的分布情况, 以及这个种在蒙古的大量分布的群落组成。

### 2.3.3 生态系统的多样性

仅就荒漠生态系统而言,就包括有沙漠、砾漠(戈壁)、盐漠、粘土荒漠(风蚀地、龟裂地)、高寒荒漠等多种类型。而沙漠中还有湖泊、河流、流动沙丘等不同生态系统。由此可见,柽柳科植物作为荒漠的主要建群植物,其生态系统的组成无疑是多种多样的。

### 2.3.4 景观、区域的多样性

由柽柳科植物的广泛分布的特点,足以证明该科植物景观、区域的多样性特点。从罕见无人迹的高山上、沙漠里,到人类聚集生活的绿洲与边缘;从河谷两旁、湖盆四周,到茫茫沙海、黄土高原,由柽柳科植物参与构成的不同的景观呈现在我们眼前。而从非洲到欧洲,从大洋洲到亚洲,从城市到农村,从高山到平原,有人类大量活动的参与和无人类活动的影响,以及不同的国度、不同民族的生活习俗和生活方式,均将影响着景观、区域的多样性。

## 3 柽柳科植物保护对策

### 3.1 就地保护

综上所述,我国柽柳科植物的物种仅32种,只占全球总种数约25%,其中特有种占全国总种数的37.5%,占全球总种数约10%。但是,目前柽柳属中有几种新种却在原产地不易找得到。因此,柽柳科植物的多样性就地保护工作迫在眉睫,而就地保护更为重要。

#### 3.1.1 深入开展调查研究

首先应进一步明确特有种的分布范围,确定受威胁物种的保护级别,掌握物种濒危和稀有的原因。从分类研究方面讲,既要继续研究发现新的物种,又要充分利用现代分类的方法和开展物种生物学的研究,确定新的物种(包括已确定的新种的进一步核准)准确分类地位。

#### 3.1.2 积极加强宣传教育工作

物种受威胁关键的因素还是人类的活动,特别是对于利用价值较大的柽柳属植物。充分利用各种渠道和途径,积极开展宣传教育工作,提高群众参与保护的意识。由盲目、无计划的利用资源转变为合理利用的方面来。这其中尤其重要的是科普宣传教育工作。

#### 3.1.3 建立自然保护区

生物多样性保护不仅仅是物种的保护,还应包括基因、生境、生态系统和景观不同层次的保护。结合一些特有珍稀物种,建立必要的自然保护区才能达到全面综合保护的目的,例如,在我国建立塔克拉玛干沙生柽柳的自然保护区,既保护了沙生柽柳,也保护了寄生该植物的名贵草药—管花肉苁蓉,还保护了该植物分布区内的野骆驼。实现由物种到生态系统、景观全面综合保护的作用。

#### 3.1.4 努力推广科研成果,就地建设与发展植被

在结合防风治沙、水土保护、治理盐碱等荒漠化防治的工作,除通过植物造林就地开展人工植被的建设外,还应充分利用天然降水的汇集,洪水的引灌,种子成熟的条件,恢复与发展自然植被。这不仅是扩大了物种的繁殖数量,同时还可达到遗传多样性保护的目的。

### 3.2 迁地保护

近十几年来,中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所在柽柳属的研究方面已取得了显著的成绩,在吐鲁番沙漠植物园和策勒沙漠研究站,已分别迁地保护我国柽柳属种的90%。不仅如此,该所还向其他植物园和开展固沙造林、盐碱地造林的单位提供了大量的试验材料和扩繁材料。然而,现有的工作还是不够的,需要许多单位、不同国家共同来加强。

### 3.2.1 扩大迁地保护的工作范围

从保护物种的角度来看,首先应从对柽柳属的工作,扩大到整个柽柳科植物的引种保护,其次是由干旱荒漠地区扩大到更广泛的区域范围。柽柳科植物的多样性特点,以及引种的适应能力,已告诉我们可以更大的范围内开展这项工作。如水柏枝属的迁地保护工作,必需由分布区所在地区或邻近地区的植物园,树木园首先进行。

### 3.2.2 深入开展迁地保护的研究

吐鲁番沙漠植物园为深入开展对柽柳科植物的研究,首先建立了柽柳专类园,同时还申请了国家自然科学基金资助的课题。对柽柳科植物迁地保护的研究工作必需从保护生物学研究的角度全面考虑,深入开展工作。中国科学院北京植物园和武汉植物园结合三峡水库的修建,开展对库区特有植物—疏花水柏枝迁地保护和繁殖技术的研究就是很好的一例。

### 3.2.3 加强迁地保护工作的分工与合作

仅就中国而言,我国地域辽阔,柽柳科植物的分布又很广,仅新疆一个区就占国土面积1/6。限于当前各地经费都很紧缺,因此,对植物的引种搜集工作只能采取就近为主,首先各地的植物园、树木园应尽快引种收集当地分布的特有品种,如宽叶水柏枝的引种保护工作,必须先依靠磴口、银川、盐池和榆林等地的植物园、树木园就近收集保护,金塔柽柳的引种保护工作应引起民勤沙生植物园的重视。分布于贺兰山干旱荒漠草原的黄花红砂,必然要请磴口、银川、盐池几个植物园(灌木园)首先考虑。在上述工作的基础上,然后再在植物园之间互通有无,扩大迁地保护的范围。这也是符合植物引种驯化理论的做法。

### 3.2.4 重视基因库的建设

各植物园、树木园目前以迁地保护物种为主要目的所开展的引种搜集工作,只能建立物种栽培基地(种质基因圃),因种群数量有限,达不到保护遗传多样性的目的。所以,利用种子、孢粉、乃至细胞等植物的各种活材料建立基因库,是迁地保护必须重视的工作。中国科学院北京植物园原曾有这方面的工作基础,现西双版纳热带植物园又得到这方面建设的投入。此项工作应尽快跟上去,珍稀特有物种多样性的保护刻不容缓。同样基因保护工作也应加强分工与合作。

### 3.2.5 迁地保护与就地保护的工作应紧密结合

如前所述,保护生物学的研究重点是针对物种的原产地,没有大量的野外工作,迁地保护的目的也不能实现。我国在物种回归自然的研究工作中已有一定的基础。从荒漠化防治开展的固沙造林,水土保持造林以及盐碱地造林,均属重建人工生态系统的工作。通过引进的物种筛选,大量培育苗木,然后,又在植被破坏或植物稀少的地区大面积种植,正是达到了回归自然的目的。对荒漠地区而言,这是执行《生物多样性公约》和《联合国防治荒漠化公约》有机结合的重要举措。

### 3.2.6 积极合理的利用资源将促进生物多样性保护

在迁地保护过程中,我们不能忽视对柽柳科植物利用价值的深入探讨,只有认识到它们可利用价值并积极合理的利用该科植物的资源,才能更好的保护它们。例如有观赏价值的柽柳属和水柏枝属的植物,欲培育出花色更艳、花序更美的品种,就必须大量搜集它的基因资源进行筛选育种和杂交育种的工作,由此也就促进了物种和基因多样性的迁地保护工作。

总之,对柽柳科植物多样性保护的工作涉及到的问题很多,而核心问题是对该科植物的深入研究。研究内容可以是单项的也有综合的;有简单的也有系统的;小到一个物种,大到一个

属或一个科,必要时还应综合多学科,开展跨区域、跨国度的深入研究,只有通过加深认识与了解,才能真正实现保护和持续利用之目的。

### 参 考 文 献

- 崔大方. 1988. 中国琵琶柴属分类、分布、生态和形态解剖学的初步研究. 干旱区研究. 5(1): 65-69
- 崔乃然等. 1994. 新疆主要饲用植物志(第二册). 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社, 222-229
- 程道远. 1987. 流沙固定与沙丘造林. 世界沙漠研究. (4): 32-35
- 蒋进, 高海峰. 1992. 柽柳属抗旱性排序研究. 干旱区研究. 9(4): 41-45
- 刘名庭. 1992. 柽柳属种的耐盐选择及造林试验研究. 盐碱土造林绿化与综合开发文集. 北京:中国环境科学出版社, 200-205
- 马德凤, 梁诗魁. 1993. 中国蜜粉源植物及其利用. 北京:农业出版社, 84
- 夏训诚等. 1991. 新疆沙漠化及风沙灾害治理. 北京:科学出版社, 144
- 熊高明, 陈岩. 1996. 三峡特有植物疏花水柏枝的扦插繁殖初报. 生物多样性. 4(1): 25
- 尹林克. 1995. 中亚荒漠生态系统中的关键种—柽柳. 干旱区研究. 12(3): 43-47
- 张鹏云, 刘名庭. 1988. 中国柽柳属研究简史. 干旱区研究. 5(3): 26-29
- 张鹏云, 刘名庭. 1989. 柽柳属四新种. 西北植物学报. 8(4): 259-264
- 张鹏云, 张耀甲. 1984. 中国水柏枝属的分类研究. 植物学报. 4(2): 67-80
- 中国科学院兰州沙漠研究所. 1987. 中国沙漠植物志(第二卷). 北京:科学出版社, 367-384
- 中国科学院内蒙古、宁夏综合考察队. 1985. 内蒙古植被. 北京:科学出版社, 654-655
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1990. 中国植物志(第 50 卷第二分册). 北京:科学出版社, 143-177
- 朱震达, 杨有林. 1989. 伊朗沙漠及沙漠化研究的概况. 世界沙漠研究. (4): 1-6
- S.S. Tag El Oin; 李平译. 1986. 埃及流沙固定的若干问题. 世界沙漠研究. 1988. 1: 10-17
- Xu Xinwen, Pan Borong. 1993. A study of salt-tolerant experiment of *Tamarix L.* water culture. Proceedings of the IV International Conference on Desert Development. 1994. Mexico M.
- 彼得洛夫; 徐国镒等译. 1960. 流沙的固定. 北京:中国林业出版社

## THE DIVERSITY OF THE TAMARICACEAE IN CHINA AND ITS CONSERVATION STRATEGY

Pan Borong

(Xinjiang Institute of Biology, Pedology and Desert Research,  
Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011)

The Tamaricaceae are considered as a primitive family which contains only three genera. There are about 120 species in the world and they are mainly distributed in Europe, Asia and Africa. Most of the species of the Tamaricaceae grow in arid and semi-arid area, some of which are key-stone species in ecosystems of arid areas. The diversity characteristics of the Tamaricaceae are prominently displayed in the following respects: genetics, species, habitats, ecosystem and landscape. At present, there are many urgent problems to be solved related to the diversity of the Tamaricaceae. The conservation strategy should be made from two respects. One is *in situ* conservation, namely we should actively carry out further survey, strengthen propaganda and education of the Tamaricaceae, establish nature reserves, extending research achievements, construct

and develop vegetation locally, the other is *ex situ* conservation, namely we should enlarge the scale of *ex situ* conservation, further carry out the *ex situ* conservation research, strengthen the cooperation and division of labor in *ex situ* conservation, pay much attention to the construction of gene pool, combine *in situ* and *ex situ* conservation tightly and make use of the Tamaricaceae resources actively and optimally.

**Key words:** Tamaricaceae, Diversity, Conservation strategy, *In situ* conservation, *Ex situ* conservation

# 中国特有植物永瓣藤濒危原因及保护对策研究

谢国文

(广州教育学院生物系,广州 510030)

**摘要** 永瓣藤 (*Monimopetalum chinense*) 是卫矛科的一个单型属植物, 被列为国家二级珍稀濒危保护树种。本文研究了永瓣藤的生物学特性、地理分布特征、生态和群落学特性以及珍稀濒危的原因。据笔者近年的研究结果, 永瓣藤濒危的原因可概括如下: 1. 种子萌发障碍可能是其在自然界处于濒危状态的最重要原因之一; 2. 传粉受精不良, 胚珠败育现象普遍, 从而导致结实率偏低; 3. 种子成熟后胚休眠或因失水而胚失活是另一大有性生殖障碍; 4. 人类活动对自然生态环境的严重干扰和破坏是其致濒的主要外因。最后, 本文提出了消除威胁生物多样性的社会因素、加强亚热带阔叶林生态系统的保护、重视自然保护区以外的就地保护工作、深入研究迁地保护珍稀濒危物种的有效方法等保护对策。

**关键词** 永瓣藤 卫矛科 中国特有属 濒危原因 保护对策

Rehder (1926) 根据秦仁昌在安徽南部祁门采的 3096 号标本发表了永瓣藤 (*Monimopetalum chinense*) 新种, 并建立了单型属——永瓣藤属。鉴于它的稀有性质、系统发育和区系地理等科学价值, 被列为国家首批二级稀有保护植物(傅立国等, 1989)。为了弄清其生物学特性、濒危原因, 从而达到有效保护和持续利用的目的, 我们近年进行了本项研究。

## 1 生物学特性概述

### 1.1 形态特征的补充

永瓣藤为半常绿缠绕或匍匐状木质藤本, 而并非典型的落叶攀援藤状灌木(安徽植物志协作组, 1988; 傅立国等, 1989; 中国科学院植物所, 1983; Rehder, 1926)。单叶互生, 草质叶薄, 窄卵形或卵状椭圆形, 基部宽楔形(非圆形)。二歧聚伞花序侧生于上年生枝上, 与前人记叙(安徽植物志协作组, 1988; 侯宽昭, 1982)不同。花丝极短(约 0.9 mm)而非无花丝, 雄蕊着生于肥厚花盘边缘上方而不是子房的基部。子房壁与花盘合生, 故子房为下位, 与前人描述的卫矛科子房上位(侯宽昭, 1982; 汪劲武, 1985; 中国科学院植物所, 1985; Hutchinson, 1959; Hickey 和 King, 1981)不同。蒴果常 1~2(稀 3~4) 裂瓣成熟, 外有增大宿存花瓣; 种子基部有黄白色的肉质细小的马蹄形(非环状)假种皮。

### 1.2 生长发育与开花结实特性

通过近年定位观测得知, 永瓣藤并非典型的落叶植物, 而是半常绿左旋缠绕或匍匐状木质藤本, 平伏地面生长。若遇阴湿环境, 能节节长出不定根, 使其具有匍匐生长特性, 从而产生无性系小株, 增加种群内个体的数量。当年生叶子有的在冬季休眠时常变为紫红色, 叶片两边内

\* 国家自然科学基金资助项目: 谭策铭、季梦成、孙叶根、李立新、张志勇、陈拥军等先生参加了部分野外调查工作, 特此致谢

卷成舟状,待来春气温回升后重新平展和变绿,与春梢新叶并存,间或有的老叶在春梢生长时脱落。在春、夏生长季中,顶芽生长迅速增加藤长,春、夏梢可达1.2 m以上,且叶面积较大,是生殖能量的主要来源,为第二年开花结果的主要枝条;而秋梢生长缓慢,叶面积较小。物候期观察结果得知,永瓣藤从萌芽展叶、生长、开花结果到进入休眠的整个生长期达212 d以上。

### 1.2.2 开花结实特性

据野外调查和定期定位观察表明,永瓣藤开花结实一般都发生于先年生枝条上,二歧聚伞花序多在枝条上部的芽鳞内抽出,分枝3~4次;无论是江西的种群,还是安徽南部的种群,其花期都集中在5月至6月,果熟期在当年9月底至10月,这与前人的报道(傅立国等,1989;钱啸虎,1982)截然不同。定位观测结果(表1)表明,永瓣藤的落花落果和败育现象很普遍。在野外发现,有的居群(尤其是其分布区边缘的)甚至不见一个果实发育到成熟,直至8月果枝上还剩下暂存的果梗。这主要是由于永瓣藤花小,并缺乏引诱昆虫传粉的花结构(花色、香气和蜜腺),定位观测没有见到昆虫参与传粉,况且其开花结果期(5~7月)江南降水频繁的影响,这都导致传粉受精不良。经开花前的套袋试验表明,被套袋的花序也能结实。因此,永瓣藤的传粉机制是风媒传粉和自花传粉。

## 2 地理分布特征及其生态与群落学特性

### 2.1 地理分布特征

永瓣藤是华东植物区系由中亚热带向北亚热带过渡的生态环境中残存的植物,无疑是本地起源的单型特有属(谢国文等,1991; 1994; 1995; 1996)。它仅零星分布于九岭、幕阜山林区和赣东北与皖南交界的山区,即安徽南部的祁门,江西的浮梁(景德镇)、婺源、德兴、玉山、九江、永修、武宁、靖安、奉新、修水以及湖北的通山等县,通山有分布为湖北省分布新记录属和新记录的珍稀濒危植物。但原有分布记载的贵池、贵溪、宜丰、万载等县(傅立国等,1989; 钱啸虎,1982; 应俊生和张玉龙,1994等),而我们近年没有调查到其踪迹,也许正说明其分布区在逐渐缩小。其垂直地带性,由于低山丘陵的植被人为破坏严重,原分布记载的低海拔300 m以下的范围内几乎不复存在了。

### 2.2 生态与群落学特性

永瓣藤适生于温暖湿润的气候以及肥沃、疏松与排水良好的偏酸性土壤,为半耐荫植物。本种分布区年平均气温15~17.3℃,年均降水量1400~2200 mm,春末初夏雨量较集中。成土母岩以千枚岩、页岩和板岩为主,一般不生长于石灰岩、花岗岩等山地,土壤以红黄壤和黄壤为主,pH值为5.5~6.5,有机质含量在2.9%~5.1%。它既不耐水湿,也不耐干旱,属中生植物。

永瓣藤大都缠绕于常绿或落叶阔叶林或针叶林等中幼龄林木上,零星地间杂在杉木林、马尾松林、毛竹林、杂灌林等四类不同自然生态类型的群落中。在群落的上层以马尾松(*Pinus massoniana*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、毛竹(*Phyllostachys pubescens*)、赤杨叶(*Alniphyllum fortunei*)等树种为主;中下层种类多,常见的有油茶(*Camellia oleifera*)、櫟木(*Loropetalum chinense*)、柃木(*Eurya japonica*)、老鼠矢(*Symplocos stellaris*)、鹿角杜鹃(*Rhododendron latoucheae*)、山胡椒(*Lindera glauca*)等;层外植物多为南五味子(*Kadsura longipedunculata*)、大血藤(*Sargentodoxa cuneata*)、刺葡萄(*Vitis davidii*)、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)等种类;草本层如狗脊蕨(*Woodwardia japonica*)、阔鳞鳞毛蕨(*Dryopteris championi*)、阔叶山麦冬(*Liriope muscari*)、大油芒(*Spodiopogon sibiricus*)、小花菖尾(*Iris specu-*

*latrix*) 等植物。永瓣藤主要靠产生无性系小株来更新,因而在群落中常呈集群分布。

### 3 珍稀濒危原因初探

#### 3.1 生殖生物学障碍

在物种本身生物学方面,由于某些繁殖障碍,使永瓣藤种群的自然增长受到限制,导致个体数量稀少,特别是种群的稀少和分布区范围的缩小。这种生殖生物学障碍和限制可能是永瓣藤致濒的主要内在因素。

##### 3.1.1 胚珠败育现象普遍

从前述生物学特性的观测、统计(表1)看,尽管永瓣藤的花量较多,但结实较少。这是由于传粉受精不良,胚珠败育现象普遍,导致结实率偏低。根据胚胎发育的观察,雌配子体大都能发育成熟,但成熟后不少逐渐退化而导致胚珠败育,其败育率高达 81.28% (见表1)。如果一朵花中所有雌配子体或胚珠(一般为 4 枚)都退化就必定落花落果,在分布区边缘的种群,甚至全部落净而只见暂存的黄绿色的果梗,就是分布区中心的种群,绝大多数果实也只有 1~2 个胚珠能正常发育形成成熟的种子。据抽样 530 个果实,4 个胚珠都能发育为成熟种子的果实只有 6 个,只占 1.13%。如前所述,永瓣藤的传粉方式为风媒传粉和自花传粉,而且花丝极短,以致前人(安徽植物志协作组,1988;傅立国等,1989;钱啸虎,1982)描述为无花丝,这些生物学特性都不利于传粉。因此基因交流贫乏,导致遗传多样性贫乏,加速了物种的自身退化。

表 1 永瓣藤胚珠败育情况调查

着生地	海拔	调查株数	开花总数	结果总数	理论种子数	实际种子数	败育率 %
武宁 Wuning	470	23	2075	1473	8300	3117	62.45
靖安 Jingan	540	18	1946	1457	7784	3306	57.53
通山 Tongshan	650	12	1028	530	4112	770	81.28

##### 3.1.2 种子萌发障碍的影响

永瓣藤的种子特性是其在自然界处于稀有濒危状态的重要原因之一。它种子小,种皮强烈石化或骨质化,种子萌发障碍难以消除而使发芽率极低,通过对种子进行处理和发芽试验结果(表2)证实了这一点。坚硬的种皮不透水不透气和机械阻碍胚的生长而呈现休眠,即使进行了处理,其发芽率也还是很不理想,而且萌发时间长,出苗困难,生长势弱,抗逆性差。自然环境下的成苗条件苛刻,落到地面的果实或种子难以覆土保墒,因此野外调查见不到实生苗。

##### 3.1.3 种子生活力很低

种子成熟后胚休眠或因失水而胚失活是另一大有性生殖障碍。永瓣藤种子成熟于秋高气爽的干旱季节(10月左右),且此时的气温仍较高(平均 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ),因此,胚的休眠不但得不到解决,且衰老得快。而此时的气候干燥,种子易迅速失水而胚失活。据 TTC 试法测定其种子活力,干燥贮藏半年的种子就几乎全部丧失了生活力。因而在自然环境下,若未遇到合适的温度、湿度条件,不能较快进入萌发状态,就会死亡。故永瓣藤种子生活力很低,唯有利用鲜果(种子含水量不低于 15%)保湿低温( $0\sim 6^{\circ}\text{C}$ )贮藏 4 个月以上既可达到打破胚休眠的目的,并不至于失水而使胚失活,从而提高发芽率。

#### 3.2 致危的生态因素

保护生物学的研究,不仅需要研究物种本身生物学方面存在的问题,还应注重研究非适宜生境中各种不同环境因子对物种走向濒危产生的不良影响,即导致其走向消亡的濒危生境问题(贺善安等,1996)。永瓣藤种群在生境条件、分布格局、规模大小、结构动态等方面表现出的

一系列问题,证明该物种受到很大的外部环境压力,因而分布区和种群缩小,天然更新不良,使物种走向濒危的速度加快。

### 3.2.1 地理分布格局与其濒危的关系

在地史时期,永瓣藤在扬子古陆的北部呈连续分布,即在鄱阳湖下陷之前,沿着九岭、幕阜山脉向东迁移至皖南山区,鄱阳湖的形成使其成为赣西北与赣东北—皖南的间断分布格局(谢国文等,1995;1996),且东西两段呈极不连续的带状分布。由于本种的垂直分布海拔较低(<1000 m),人口膨胀对环境的压力,炼山全垦造林,毁林开荒,乱砍滥伐,自然植被遭到严重破坏,分布区域呈现严重的片断化,生境异质化,分布范围逐渐缩小,使现存的永瓣藤呈岛屿星散分布格局。由于物种的衰退,勉强靠无性繁殖来维持生存,使种群呈现集群分布格局。这种分布型式的变化反映了永瓣藤种群被分割、隔离和孤立的过程,正是该物种趋向濒危的表现。

表2 永瓣藤种子萌发试验结果

处理*	时间	萌发温度	播种量(粒)	发芽粒数	发芽率%
A	120	25℃	500	0	0
B	120	25℃	500	0	0
C	120	25℃	500	12	2.4
D	120	25℃	500	76	15.2

\* A. 对照(干燥贮藏);B. 沙藏;C. 沙藏后硫酸浸种(3~4 小时);D. 鲜果保湿 0~5 ℃沙藏 0~6 ℃

### 3.2.2 林分郁闭度与其濒危的关系

通过近几年对永瓣藤整个分布区的野外调查发现,永瓣藤几乎完全靠无性繁殖来缓慢地扩大其种群,其种群大小往往与森林植被林分郁闭度有一定的相关性(见表3)。永瓣藤是一种半常绿的半耐荫的缠绕木质藤本,不具备乔木或直立灌木的种间竞争优势,在森林群落中为附属物种,林分郁闭度过大过小都不利于其生存。当林分郁闭度达到0.8或以上,就很难找到它的踪迹,即使偶尔存在,也只是较小的种群,且年龄结构呈间断性的衰退种群,因为在这种环境下,连萌生无性系小珠的空间都没有。我们常在生境条件较好的小山路旁、林缘或林窗发现较大的种群,甚至在干扰适度的次生林中也有扩散来的较大种群。在这种生境下,林分郁闭度适中,适当的人为间伐,为永瓣藤更新创造了适宜的空间,缓解其环境压力,改变种间竞争关系,有利于它的种群增长。但人为活动频繁,干扰方式恶劣,林分郁闭度过小(0.3),就不适宜永瓣藤的生长繁延。

表3 永瓣藤种群数量、大小与林分郁闭度的关系

郁闭度	种群数			
	(1~10)*	(11~20)	(21~50)	(>50)
≥0.8	9	0	0	0
0.4~0.7	48	41	32	6
≤0.3	4	1	0	0

\* 种群大小(株)

种群的片断化,意味着种群由大变小,这也就表明该物种所适宜的生境条件在发生变化。种群的存活能力依赖其种群的大小(季维智等,1994)。小种群容易产生自交和退化,而逐渐失去适应性。小种群的遗传漂变将导致失去基因多态性,由于遗传漂变和基因多态性的适应潜能的丧失,在小种群中,自然选择将失去作用(Franklin,1980)。

### 3.2.3 种群大小与其濒危的关系

永瓣藤主要分布地的种群大小的统计结果(表4)表明,虽然其种群数不少,但大多数为小种群或较小种群,二者合占总种群数的73%。永瓣藤分布区边缘的祁门、通山等地的种群都是小种群或较小种群,而且种群规模变小的趋势明显;往分布中心地区靖安、武宁、奉新等属九岭山脉的中低山地带,其种群规模相对较大,较大种群(>20株)占有相当的比例。由此可以推论,种群规模由物种的分布中心向边缘逐渐变小,种群规模变小是物种趋向濒危的特征之一。

表4 永瓣藤主要分布地区种群大小的比较

种群大小(株)	种群数					总计	
	武宁	靖安	奉新	通山	浮梁		
1~10	14	13	15	3	12	4	61
11~20	11	10	9	1	8	3	42
21~50	10	9	6	0	6	1	32
>50	2	2	1	0	1	0	6
总计	37	34	31	4	27	8	141

综上所述,物种自然衰退是其自身长期遗传变异所决定的;而生境异质化有着不可忽视的作用,人类对生境的严重破坏,加速了其自然衰退过程,最终导致物种灭绝和生物多样性丧失。

## 4 永瓣藤生物多样性的保护对策

生物多样性的保护与持续利用研究已受到人类社会的普遍关注,物种濒危机制及对策的研究是其主要内容之一。生态系统遭受破坏的过程尚在继续,大批物种正在急剧减少乃至灭绝。因此,全面深入地开展生物多样性的保护生物学等基础研究已成为当务之急(陈灵芝等,1993;马克平等,1994)。根据永瓣藤的生物学特性、分布现状和濒危原因,为了更有效地保护其生物多样性,特制订如下具体保护对策。

### 4.1 消除威胁生物多样性的社会因素

人类活动不断加剧,致使生物多样性受到的威胁日益严重。因此,要达到生物多样性保护的最终目标,最关键的对策之一就是必须尽可能地消除威胁生物多样性的各种社会因素。尽管“保护物种就是保护人类自己”、“一个基因关系到一个国家经济的兴衰;一个物种影响一个国家的经济命脉”已不是科学家们的宣传口号,尽管我国已于1994年制定了《中国生物多样性保护行动计划》,而且《中国21世纪议程》把生物多样性保护摆在了重要的位置,但是如果不能解决人口的膨胀问题,不能解决生物多样性保护的专门立法问题,不能解决好利用与保护的矛盾和提高全社会与自然界和谐共存的觉悟问题,生物多样性保护则将会仅仅是空洞的“口号”和理想的“计划”。

### 4.2 加强亚热带阔叶林生态系统的保护

我国亚热带阔叶林区是最富于生物多样性和特有性,也是珍稀濒危物种最丰富的地区。本研究对象就是其中的一个典型例子,由于人们对森林生态系统的干扰破坏不断加剧,致使其生境片断化日益严重,种群衰退以致趋向濒危。“毁林栽针”的恶性循环过程仍在继续,生物多样性在一片一片被“吞噬”。管理部门要下大力气改变传统的经营模式和发展模式,在持续利用的基础上发展生产力,恢复和维护自然生态系统,达到经济、社会、科技与人口、资源、环境的协调发展。如果物种要求的生境或生态系统丧失了,这些物种就难以保护。因此,人们在保护

珍稀濒危物种的同时,现在更注重整个生态系统的保护。

#### 4.3 重视自然保护区以外的就地保护工作

生物多样性保护应以就地保护为主已达成共识,人们知道并不是多建几个保护区、植物园、动物园、水族馆和种子库就达到了保护生物多样性的目的。人们可以想象,假如自然保护区成了荒漠“海洋”中的几个小小的绿“岛”,那将会是一种什么样的景观生态。无可否认,建立保护区是生物多样性就地保护的重要途径,但自然保护区的建立需要大量的人力、物力,因而保护区的数量和面积终究有限。何况像永瓣藤这样的许多珍稀物种往往生存于保护区以外,它们受到的环境压力和社会威胁更大,濒危和绝灭的机率更大。因此,应加强自然保护区以外的就地保护工作。事实上,要完全杜绝人类对森林植被的干扰是不可能的事,关键是要把握好“干扰”的“度”。这就要求林业经营部门要坚决禁止炼山全垦造林和毁阔栽针、烧炭等掠夺性开发,改单一经营为多种经营,变全面皆伐为分期分批间伐,做到利用与保护并重,使林分郁闭度维持在0.4~0.7的变幅之间,真正实现科技兴林、青山常在。

#### 4.4 深入研究迁地保护的有效方法

对某些珍稀濒危物种而言,迁地保护也是必不可少的重要手段。当物种处于非适宜的濒危生境中,如分布区边缘或人工林缘的永瓣藤种群,往往只有1至数个植株,这样小种群随时都有可能消亡。在这种情况下,采取简单的就地保护就失去了意义,应发现和重建它的适宜生境,把它迁移到一个适宜的生境中。在迁地保护中,要因地制宜,弄清物种的生物学特性和濒危原因以及原生地的生境条件,并考虑引种的种群多样性和个体数量,以保证迁地保护的效果和丰富物种遗传多样性。永瓣藤种子易失水干燥而使胚失活,因此在采种进行有性繁殖时,应采鲜果(种子含水量15%左右)并及时保湿低温贮藏来提高发芽率。同时,可采取多种群、多个体的扦插繁殖,经我们实验表明很容易获得成功。只有深入研究迁地保护珍稀濒危物种的有效方法,才能为其回归自然生态系统创造有利条件。

### 参 考 文 献

- 安徽植物志协作组.1988.安徽植物志Ⅲ.北京:中国展望出版社
- 陈灵芝(主编).1993.中国的生物多样性——现状及其保护对策.北京:科学出版社
- 傅立国(主编).1989.中国珍稀濒危植物.上海:上海教育出版社
- 侯宽昭(主编),吴德邻等(修订).1982.中国种子植物科属词典(修订版).北京:科学出版社,315
- 贺善安等.1996.鹅掌楸致濒的生态因素研究.植物资源与环境.5(1):1~8
- 季维智等.1994.保护生物学的基本原理方法和研究内容.见钱迎倩,马克平(主编).生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科技出版社,104~116
- 马克平等.1994.生物多样性研究的现状与发展趋势.见钱迎倩、马克平(主编).生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科学技术出版社,1~12
- 钱晓虎.1982.国家重点保护的五种濒危植物研究.安徽师范大学学报(自然科学版).1(1):53~59
- 汪劲武.1985.种子植物分类学.北京:高等教育出版社
- 谢国文等.1991.赣北云居山植物区系地理探讨.云南植物研究.13(4):391~401
- 谢国文.1991.江西山地森林资源的保护与合理开发.资源开发与保护.7(4):240~242
- 谢国文.1994.江西稀有濒危植物资源及其保护.植物资源与环境.3(1):52~55
- 谢国文等.1995.九岭幕阜山植物区系中特有属的多样性及其保护.植物学通报.12(生态学专辑):90~95
- 谢国文等.1996.江西种子植物特有属的生物多样性及其保护.武汉植物学研究.14(4):294~300
- 应俊生,张玉龙.1994.中国种子植物特有属.北京:科学出版社
- 中科院植物所.1983.中国高等植物图鉴(第二册).北京:科学出版社,685

- 中科院植物所. 1985. 中国高等植物科属检索表. 北京: 科学出版社
- Franklin, I. A. 1980. Evolutionary change in small populations. In M. E. Soulé and B. A. Wilcox (eds.). *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*. Massachusetts: Sinauer, 135–149
- Hickey, M. & King, C. J. 1981. 100 Families of flowering plants. Cambridge: Cambridge University Press
- Hutchinson, J. 1959. *The Families of Flowering Plants (I)*. Oxford: the Clarendon Press
- Rehder, A. 1926. *Monimopetalum*, a new genus of Celastraceae. *Jour. of the Arnold Arboretum*. 7(4): 233–234

## ON THE CAUSE OF THE ENDANGERMENT AND CONSERVATION STRATEGY OF *MONIMOPETALUM* *CHINENSE*, A SPECIES ENDEMIC TO CHINA

Xie Guowen

(Department of Biology, Guangzhou Education College, Guangzhou 510030)

*Monimopetalum chinense* is the only species of the genus *Monimopetalum*, a monotypic genus in the Celastraceae. This species has been under the second-class state protection. In this paper, its biological features, geographical distribution, ecological attributes and the causes of its endangerment, are investigated. The factors of its endangerment may be summarized as follows: 1) There existed some barriers of the seed germination, which seems to be one of the most important factors to cause the endangerment. 2) Poor pollination and fertilization resulted in the frequent ovule abortion and low fruit-setting. 3) The dormancy of the embryos after the seed maturation or their death caused by the loss of water might be also important barriers of sexual reproduction. 4) Serious human disturbance was the major external factor to cause the endangerment. At the end of this paper, some measures are proposed for the effective protection of *Monimopetalum chinense*. These include decreasing human disturbance, strengthening the protection of subtropical broad-leaved forests, and attaching more importance to *in situ* protection outside the nature reserve.

**Key words:** *Monimopetalum chinense*, Celastraceae, Endangerment, Conservation

## 广西大明山蕨类植物多样性研究<sup>\*</sup>

和太平<sup>1</sup> 黎 桦<sup>2</sup> 文祥凤<sup>1</sup> 温远光<sup>1</sup> 招礼军<sup>1</sup> 农绍岳<sup>3</sup> 黄棉<sup>3</sup> 周继忠<sup>3</sup> 周丕宁<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 广西大学林学院, 南宁 530001)

(<sup>2</sup> 广西大学农学院, 南宁 530005)

(<sup>3</sup> 广西大明山自然保护区管理处, 武鸣 530115)

**摘要** 通过多年的调查, 研究了大明山蕨类植物多样性, 主要结果如下: ① 蕨类物种多样性非常丰富, 共 63 科 114 属 293 种(含变种和变型); ② 区系组成复杂多样, 以热带种占优势, 其次是亚热带分布的种类, 温带分布种较少; ③ 蕨类植物形态差异悬殊; ④ 蕨类植物垂直分布广泛多样; ⑤ 蕨类植物生态类型多样兼备; ⑥ 蕨类资源植物丰富多彩, 有药用植物、观赏植物、饲料植物、食用植物、纤维植物、油脂植物、土农药与肥料植物等十多类。在全面分析大明山蕨类植物多样性特点基础上, 对蕨类植物多样性的保护与可持续利用问题提出了建议和对策。

**关键词** 蕨类植物 多样性 广西 大明山 可持续利用

大明山是广西中部地势最高的山地, 山区原来生长着茂密的森林, 是桂中地区重要的水源林, 其所涵养的水源, 直接惠及南宁地、市的上林、马山、宾阳、武鸣等县居民, 对周边地区的环境与经济发展起着举足轻重的作用。1958~1974 年间, 大明山原生性的常绿阔叶林遭到了较大幅度的采伐利用和破坏, 直至 1981 年 8 月, 经自治区人民政府批准, 决定停止砍伐活动, 成立大明山水源林自然保护区, 加强了对森林的保护管理, 使森林植被得到较迅速的恢复与保护, 使之成为我国南亚热带森林植被保护较好的区域之一。区内地貌复杂, 气候条件多样, 森林植被茂密, 为众多植物的生存与繁衍提供了优越的条件, 据调查统计, 现知共有维管植物 211 科 783 属 2116 种(含变种、变型及亚种)(和太平, 1997), 除种类繁多的种子植物外, 其中蕨类植物亦丰富多样。在调查的基础上, 近年来作者对蕨类植物多样性作了初步研究。

### 1 自然环境概况

大明山位于上林、马山、宾阳、武鸣等县交界地区, 居北纬  $23^{\circ}10' \sim 23^{\circ}8'$ , 东经  $108^{\circ}18' \sim 108^{\circ}5'$ , 处于南亚热带向北热带过渡地带, 恰恰落在北回归线上(黎桦等, 1993)。该山山脉由西北走向东南, 南北最长处约 68 km, 东西宽约 23 km, 包括大明山东、西两侧的山前平原谷地, 总面积约  $1100 \text{ km}^2$ 。区内海拔 1000 m 以上山峰达 62 座, 最高的龙头山海拔 1760 m, 为桂中地区最高峰, 最低处海拔约 170 m, 相对高差近 1600 余米。山体中心主要由寒武纪的变质岩—石英岩、板状页岩和千枚岩组成, 旁边为泥盆纪坚硬砂页岩包围形成众多的高峰, 坡度多在  $40^{\circ}$  以上, 坡下堆积大量岩石碎块(黎桦, 1993)。

大明山具有南亚热带季风气候特点, 全年温暖湿润, 雨量充沛。温度和降水随海拔变化而有很大的差异, 山顶部气温低, 据 1978 年观测, 位于腹地的天坪(海拔 1230 m), 年平均气温  $14.7^{\circ}\text{C}$ , 1 月份平均气温  $6.7^{\circ}\text{C}$ , 7 月为  $21.5^{\circ}\text{C}$ , 极端低温  $-6^{\circ}\text{C}$ , 年均降水 2736.0 mm, 而位

于大明山西南侧的武鸣、东北侧的上林县城(海拔均在200 m以下),年平均气温分别为21.8℃、21.9℃,降水各为1275.5 mm和1873.0 mm。

山高气温低、水湿条件好、云雾大、日照少均有利于黄壤的发育。低海拔多见赤红壤,低山至中山多为红壤、黄红壤和黄壤,山顶较平坦处的采伐迹地出现草甸土。山中部以上土层浅薄,多露岩分布(黎桦等,1993)。

植被方面,区内覆盖着以森林为主的丰富多彩的植被类型,从山脚到山顶现状植被大致为:海拔200 m以下多为人工农业植被(水稻、玉米、甘蔗等);200~500 m是大面积的马尾松(*Pinus massoniana*)林、岗松(*Baeckea frutescens*)等次生灌丛及少量的次生沟谷雨林;500~800 m主要是马尾松林、人工云南松(*Pinus yunnanensis*)林、人工八角(*Illicium henryi*)林及次生阔叶混交林;800~1000 m分布着次生常绿阔叶林或局部的针阔混交林;1000 m以上为原生性常绿阔叶林和次生常绿阔叶林(1000~1400 m)及山顶苔藓矮林(1400 m以上)。

## 2 蕨类植物多样性特点及分析

### 2.1 种类丰富

据资料,中国现有蕨类植物63科224属约2600种(邵莉楣,1994),广西有54科125属532种(苏志尧,1996),而现知大明山就分布着49科114属293种(含变种及变型),分别占全国和广西蕨类科的77.78%和90.74%,属的51.12%和91.20%,种的11.27%和55.08%。但大明山丰富的蕨类宝库中,大部分科种类贫乏,如仅具1种的科就有13个,占科数的26.53%;种数在2~10之间的有29科,占59.19%;11~20种的有3科,占6.12%;20种以上者4科,占8.16%,它们是金星蕨科(32种)、鳞毛蕨科(32种)、蹄盖蕨科(29种)、水龙骨科(29种)。同时,属内种类亦欠丰富,如仅产1种的就达54属,占属数的44.74%;具2种的33属,占28.95%;3~4种的19属,占16.66%;5~9种的6属,占5.26%;具10种以上者只有卷柏(*Selaginella*)(10种)、短肠蕨(*Allantodia*)(10种)、铁角蕨(*Asplenium*)(14种)、鳞毛蕨(*Dryopteris*)(16种)、凤尾蕨(*Pteris*)(19种)等5属,占4.39%。由此可见大明山蕨类植物种类多样性十分丰富,但科、属内物种多样性不均衡,有主要科属呈优势成分。

### 2.2 地理成分复杂多样

大明山蕨类植物种的地理成分多样性颇为丰富,共有13种类型(变型),见表1。其中热带分布的共141种,占48.12%,亚热带性质的东亚成分及其变型的有99种,占33.79%,温带分布的只有6种,为2.05%,可见热带性质比亚热带性质的区系地理成分占一定优势,这与大明山地处南亚热带南缘及北回归线上的地理位置是一致的。其次是中国特有种丰富,占16.04%,其中又以华南地区分布的特有种比例最大,再次是大明山特有种现象十分引人注目,达9种,占种数的3.07%,这与大明山体独处桂中地区,区系古老有密切的联系。

### 2.3 形态差异悬殊

在大明山,蕨类形态复杂多样,差异悬殊。从茎的体态和大小方面,既有植株高度仅4~35 mm的单叶假脉蕨(*Microgonium sublimbotum*),以及高度只有12~20 mm的最小蕨类植物团扇蕨(*Gonocormus minutus*)(邵莉楣,1994),也有高达几米到十多米的树干形乔木蕨如黑桫椤(*Gymnosphaera podophylla*)、大叶黑桫椤(*G. gigantea*)、桫椤(*Alsophila spinulosa*)等,调查中发现黑桫椤有时相对连片分布,其中有一片面积约2 hm<sup>2</sup>,每100 m<sup>2</sup>样方平均有22株,最密者达29株,平均树高2.1 m,最高可达3.7 m;山里既有几无地上茎而根状茎肉质化的蕨种如福建观音座莲(*Angiopteris fokiensis*),又有地上茎木质化程度较高的种类如桫椤科及

苏铁蕨(*Brainea insignis*)等;就季相特征而言,绝大多数种类为常绿,但亦有冬枯类型如长江蹄盖蕨(*Athyrium iseanum*)、角蕨(*Cornopteris decurrentialata*)等;根状茎有直立的,也有斜升的,还有横走的种类,据初步统计,大明山蕨类中,直立的有115种,横走的156种,斜升者12种,另外还有些地上茎呈攀缘状,如海金沙科及藤石松(*Lycopodiastrum casuarinodes*)等;区内蕨种叶的着生亦呈多样化,主要有远生、近生和簇生,据统计分别为64,81和145种;在原叶体形态方面,有些类群为扁平的心脏形,无附属物,也不分生,生于土表,含叶绿素而能自养,如水龙骨科、瘤足蕨科等,而有的种类原生叶则为肉质块状的菌根共生型,它们生于土中,不含叶绿素而主要为腐物寄生,如一支箭(*Ophioglossum vulgatum*)等该属物种;从孢子囊发育顺序来看,有些种类孢子囊群同时发生同时成熟,如紫萁科、里白科等,也有的种类孢子囊群由顶部连续向基部成熟如桫椤科、膜蕨科等,还有孢子囊群发生及成熟次序不规则而呈混合发生与成熟的,如水龙骨科;在营养繁殖方面,有通过块状茎繁殖的肾蕨(*Nephrolepis auriculata*),有由叶顶部产生芽孢着地生根形成新植株的长叶实蕨(*Bolbitis heteroclita*)、松叶蕨(*Psilotum nudum*)等,还有通过叶部的珠芽发育成新个体的稀子蕨(*Monachosorum henryi*)、长生铁角蕨(*Asplenium prolongatum*)、倒挂铁角蕨(*A. normale*)等。

表1 大明山蕨类植物种的地理成分类型表(周厚高等,1992)

分布区类型(变型)	种数	所占百分比(%)
广布	1	0.34
泛热带分布	12	4.10
旧热带分布	10	3.41
亚洲热带分布	64	21.85
印支到华南(华西南)	32	10.92
热带亚洲到非洲	11	3.75
热带亚洲到大洋洲	11	3.75
东亚分布	38	12.97
中国-日本分布	45	15.36
中国-喜马拉雅分布	16	5.46
北温带分布	5	1.71
亚洲温带分布	1	0.34
中国特有	47	16.04
共计	293	100.00

## 2.4 垂直分布的广泛性

在自然梯度与人为梯度的双重作用下,大明山蕨类植物垂直分布广泛(表2)。其中有些种类垂直分布范围很广,从山脚至山顶几乎可觅其踪迹,如肾蕨、井栏边草(*Pteris multifida*)、铺地蜈蚣(*Palhinhaea cernua*)、卷柏属多种、紫萁(*Osmunda japonica*)等。

## 2.5 生态类型多样性

大明山复杂的生态条件,变化多样的小环境,孕育着丰富的植被类型,亦给蕨类植物提供了优越的栖息条件。在众多蕨种中,有喜光的阳性类,如海金沙(*Lygodium japonicum*)、半边旗(*Pteris semipinnata*)、蜈蚣草(*P. vittata*)、芒萁(*Dicranopteris pedata*)等在海拔500 m以下

极为习见,而小叶膜蕨(*Hymenophyllum oxyodon*)、华东膜蕨(*H. barbatum*)、一支箭、福建观音莲等这些极耐荫种类密林下亦不乏存在,而大多数蕨类则更喜生于较明亮散射光下。

表2 大明山蕨类按海拔高度种的统计表

海拔高度(m)	分布的种数(种)	举 例
< 500	84	海金沙属( <i>Lygodium</i> )、苏铁蕨、铁线蕨属( <i>Adiantum</i> )等
500~800	77	光叶鱗蓋蕨( <i>Microlepia calvescens</i> )、岩凤尾蕨( <i>Pteris dissitifolia</i> )、皇冠蕨( <i>Pseudodrynaria coronans</i> )等
800~1100	170	鱗蓋蕨属( <i>Microlepia</i> )、华南马尾杉( <i>Phlegmariurus phlegmaria</i> )、福建观音座莲等
> 1100	121	假毛蕨属( <i>Pseudocyclosorus</i> )、金星蕨属( <i>Parathelypteris</i> )、节肢蕨( <i>Arthromeris lehmanii</i> )等

对水分的要求与适应方面,大明山有旱生种如海金沙、蕨(*Pteridium aquilinum* var. *atiusculum*)、芒萁、石韦(*Pyrrosia lingua*)、槲蕨(*Drynaria fortunei*)等,也有水生的如萍(*Marsilea quadrifolia*)、槐叶萍(*Salvinia natans*)、满江红(*Azolla imbricata*)等,而种类最丰富的则为湿生蕨类,区内大部分种类皆属之。

就生长的土壤酸碱性来看,大明山以酸性土为主,所生长的蕨类亦多属华南地区常见的酸性土蕨类,如铺地蜈蚣、乌毛蕨(*Blechnum orientale*)、乌韭(*Sphenomeris chinensis*)、芒萁、华南紫萁(*Osmunda vachellii*)、中华里白(*Diplopterygium chinense*)、金毛狗(*Cibotium barometz*)、团叶鱗始蕨(*Lindsaea orbiculata*)、狗脊(*Woodwardia japonica*)、阔鳞鱗毛蕨(*Dryopteris championii*)、倒挂铁角蕨、扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum*)等;在石缝、墙缝、山脚局部有石灰质的地方出现贯众(*Cyrtomium fortunei*)、狭叶凤尾蕨(*Pteris henryi*)、蜈蚣草、井栏边草、毛轴碎米蕨(*Cheilosoria chusana*)、肿足蕨(*Hypodematum crenatum*)等喜钙成分,这些种实际上是钙质土指示植物。

大明山体庞大,高差悬殊,在低海拔出现如芒萁、海金沙、鱗始蕨属(*Lindsaea*)等喜光热的热带成分,而800 m以上的高海拔则出现一些耐寒蕨种,如华南马尾杉、阴地蕨(*Botrychium ternatum*)、倒叶瘤足蕨(*Plagiogyria dunnii*)及鱗蓋蕨属等。

除悬崖陡壁外区内大部分面积覆盖一定的土层,故生长的蕨类以土生种为多,如蕨、一支箭、芒萁、紫萁、桫椤、福建观音座莲、中华里白、金毛狗、狗脊、乌韭、井栏边草等多数种类,但在岩石裸露处亦生长不少石生蕨类,如友水龙骨(*Polypodium amoenum*)、长生铁角蕨、肿足蕨、瓦韦(*Lepisorus thunbergianus*)、金鸡脚(*Phymatopteris hastata*)、金粉背蕨(*Aleuritopteris chrysophylla*)等;此外,林中尚分布着如松叶蕨、江南星蕨(*Microsorium henryi*)、巢蕨(*Neotopteris nidus*)、书带蕨(*Vittaria flexuosa*)、圆盖阴石蕨(*Humata tyermannii*)、槲蕨、皇冠蕨、团扇蕨、骨牌蕨属(*Lepidogram mitis*)等附生蕨类。

## 2.6 用途的多样性

大明山蕨类资源植物十分丰富,用途多种多样,据有关资料的划分(李树刚等,1990;李振宇等,1993),该区蕨类植物资源类型有药用、观赏、饲料、指示、食用、淀粉、纤维、土农药、肥料、天然色素、鞣料、珍稀濒危植物等十几类。初步统计结果,现已确认有蕨类资源植物157种,占蕨种的53.6%,其中以药用植物种类最为丰富,达129种,占种数44.0%,其次是观赏类型,为

98 种,占 33.4%,其余依次为指示植物、饲料植物、食用植物、纤维植物、土农药或肥料植物等,见表 3。

表 3 大明山蕨类按资源类型统计表

资源类型	种数(种)	占蕨类种数 %	占蕨类资源植物种数 %
药用植物	129	44.0	82.2
观赏植物	98	33.4	62.4
指示植物	25	8.5	15.9
饲料植物	14	4.8	8.9
食用植物	11	3.8	7.0
纤维植物	5	1.7	3.2
土农药或肥料植物	5	1.7	3.2

### 3 蕨类植物多样性保护与持续利用

#### 3.1 保护与利用中存在的问题

1958 年“大炼钢铁”以来,大明山原生性常绿阔叶混交林遭到较大规模的采伐利用与破坏,直至 1981 年自然保护区成立,由于大力宣传《森林法》等法律法规,对周边地区居民进行森林保护的法制教育,使森林资源得到较好的保护管理,森林植被得到较快的恢复与培育,栖息其中的蕨类植物得以较好的保护与繁衍。

但是,保护区的自然保护工作仍有不尽人意之处。由于周边地区各级领导有的重视不够,如受惠的有些县不及时交付应交的水源林保护费,个别县甚至已拖欠多年,致使经济条件本不宽裕的保护区难以维持日常管护,更无力加大保护力度。大明山脉平地拔起,走向多方,保护区边界线长,周边地区人口密集,这些因素也危及保护区内资源的安全,增加了保护工作的难度。有的群众法制观念淡薄,潜入保护区内盗砍林木、采樵,甚至入内毁林开荒或不注意野外用火而失火殃及保护区林地等事件仍难以彻底杜绝,使局部地区森林植被仍受破坏,蕨类植物栖息的生态环境局部变得脆弱。

其次,人们的环境保护、生物多样性保护意识淡薄。他们普遍清楚偷砍林木是违法的,但多数人并未真正认识到森林的生态作用,更不了解生物多样性保护的意义,除局部地段森林被人为破坏外,这方面还表现在人们对林下植物(包括蕨类植物)毫无珍惜之情,在其看来森林资源并不包括林下植物,林下植物不过是无用的野木杂草,因此任意毁坏、遭踏。另外,保护区内一些基建工程对环境的影响在工程上马前没有充分论证,更没有工程涉及的珍稀濒危物种迁地保护之说了。笔者在调查中就曾经目睹过一项在建基建工程遭踏国家一级重点保护植物一桫椤的事件。

在蕨类植物资源利用方面,虽有一些教学、科研及生产单位分别到过大明山采集引种,但总的来说资源利用率还很低,开发利用仍停留在极低的层次上。对资源的不合理利用主要表现在有些单位和个人无计划、无组织上山挖掘和采药,这种毁灭性的利用方式应引起足够重视。

#### 3.2 保护与持续利用对策

##### 3.2.1 开展环境和资源可持续利用教育

可持续利用、可持续发展的思想对普通人们仍然是全新的概念,应对周边地区干部尤其是

各级领导干部进行这方面的教育,使他们逐步认识和理解可持续利用观、可持续发展观,使其在决策过程中自觉把资源的持续利用、环境与发展紧密结合起来,并通过向群众灌输这种思想。同时发挥舆论导向作用,通过电视、广播、报刊等各种新闻媒体,多层次全方位地加强这方面的宣传教育,做到家喻户晓,提高全民的环境意识和可持续利用意识,提高其环境道德修养,让人们对植物资源的保护由被动行为上升到主动行为。

### 3.2.2 加强蕨类资源多样性管理

保护森林植被,也就保护了蕨类植物栖息的生态环境,维护和培育蕨类植物多样性。在培养人们环境意识及资源可持续利用意识的同时。提高干部群众,尤其是保护区干部职工关于植物资源潜在价值的认识,健全完善自然保护区管理网络,落实自然保护政策法规,加强专业保护队伍建设,实行专业人员与群众保护,山上山下管理相结合,让大明山森林植被得到有效保护,同时也达到保护生物多样性,包括保护蕨类植物多样性以及保护其资源多样性的目的。

### 3.2.3 发展可持续性的资源开发利用技术

蕨类植物具丰富的资源成分,其用途是多方面的,尤其在观赏、食用和药用方面,更是日益受到世人的关注。在观赏领域,蕨类以其植株刚劲挺立或纤柔下垂的姿态、奇特少见的叶形、叶姿和青翠碧绿的色彩而使人赏心悦目,倍感清新,加之大多习性荫蔽,极宜作室内陈设装饰,因而大受公众的喜爱。在国际花卉市场上,观叶蕨类植物占相当的比重,据1988年有关资料,荷兰盆栽植物数量居第一位的是肾蕨属(*Nephrolepis*)植物,约1280万盆,蕨类盆栽总数达1382万盆,美国盆栽的蕨类总数亦达1200万盆。蕨类其它用途亦倍受关注,如在国际市场上畅销、有“山菜之王”的“蕨菜”,就是以蕨这种植物地上部分的嫩茎制作而成,其维生素含量是一般蔬菜的1~8倍(汤庚国等,1995)。

大明山蕨类物种繁多,其中的资源植物十分丰富,如果不加以开发利用,任其沉睡山野自生自灭,这是对资源的一种浪费。应该大力开展对蕨类资源可持续利用的科技开发研究。基于大明山蕨类中观赏成分丰富,而近年来花卉的社会需求量日增,建议目前首先在天坪管理站建立蕨类植物园,对大明山乃至国内外在观赏领域有开发利用前景的蕨类植物进行广泛的收集、引种、驯化工作,探索栽培管理技术措施,选育本土优良品种,提高观赏价值,增强抗逆性,探讨其在园林建设中的应用手段,条件成熟时建立观赏蕨类植物产业化生产基地,让山野植物走进都市,登“大雅之堂”,献美丽于人间,同时也增加保护区经济收益,增强自然保护事业可持续发展的后劲。

其次,在保证区域生态平衡促进资源增殖,以达到对资源持续利用的基础上,有组织有计划、合理地直接开发利用野生蕨类资源,如对野菜、药用等资源,可发动群众上山采摘,利用新科技直接加工成高附加值的商品,以增加周边地区群众和保护区管理处的经济收入。另外,大明山近年来日益成为广西旅游观光新热点,同时又一直是有关学校、科研单位的教学及科研基地,因此在生物多样性的持续利用方面,应该因地制宜开展多种活动,集教育、科研、产业为一体,与旅游观光相结合,让生物多样性资源在促进区域经济可持续发展方面发挥其应有的作用。

## 参 考 文 献

- 和太平.1997.广西大明山观赏树种资源及其保护与利用研究.广西农业大学学报.16(1):49~57  
黎 桦等.1993.广西大明山蕨类植物的生态特点及垂直分布.广西农业大学学报.12(1):18~22

- 李树刚等(主编).1990.广西植物资源.北京:中国科学技术出版社  
 李振宇等(主编).1993.广西九万山植物资源考察报告.北京:中国林业出版社  
 邵莉楣(主编).1994.观赏蕨类的栽培与用途.北京:金盾出版社  
 苏志尧等.1996.广西蕨类植物区系及植物资源的特点.华南农业大学学报.17(3):46-51  
 汤庚国等.1995.江苏野菜资源的利用与开发.植物资源与环境.4(3):33-37  
 周厚高等.1992.广西大明山蕨类植物区系研究.广西农学院学报.11(2):13-19

## A STUDY ON THE DIVERSITY OF THE PTERIDOPHYTES IN THE DAMING MOUNTAIN, GUANGXI PROVINCE

*He Taiping<sup>1</sup>, Li Hua<sup>2</sup>, Wen xiangfeng<sup>1</sup>, Wen Yuanguang<sup>1</sup>, Zhao lijun<sup>1</sup>,  
Nong Shaoyue<sup>3</sup>, Huang Mian<sup>3</sup>, Zhou Jizhong<sup>3</sup>, Zhou Peining<sup>3</sup>*

(<sup>1</sup>Forestry College, Guangxi University, Nanning 530001)

(<sup>2</sup>Agriculture College, Guangxi University, Nanning 530005)

(<sup>3</sup>Management Office for Daming Mountain Natural Reserve of Guangxi, Wuming 530115)

After many years' investigation on the diversity of pteridophytes in the Daming Mountain, Guangxi Province, the following conclusions are reached: 1) Pteridophytes are quite rich in this mountain, represented by 63 families, 114 genera and 293 species (including varieties and forms). 2) Their phytogeographical components are complex, with the tropical elements being more than the subtropical ones, and the extratropical elements accounting for the smallest portion. 3) Their morphological differentiation is various in pattern. 5) Their ecological types are diversified. 6) They are of various economic values, including medicinal, ornamental, fodder, fibre, oily plants etc.. Based on a comprehensive analysis of the characteristics of the diversity of the pteridophytes in this mountain, we propose some measures for their conservation and sustainable use.

**Key words:** Pteridophytes, Diversity, Guangxi, Daming Mountain, Sustainable utilization

## 河北雾灵山植物区系分析

胡东 张维来 李友刚

(首都师范大学,北京 100037)

**摘要** 雾灵山自然保护区位于华北地区东部,与北京市密云县相邻。北纬 $40^{\circ}29' \sim 40^{\circ}36'$ ,东经 $117^{\circ}17' \sim 117^{\circ}35'$ ,顶峰2116.2 m,是河北省第六高峰。本区位于暖温带半湿润大陆性季风气候带,属典型的温带山地气候,垂直变化明显,生境复杂多样。植物种类丰富,维管植物816种,隶属386属,116科。地理成分复杂,北温带分布占41.6%,世界性分布占20.4%,旧世界分布占13.2%,泛热带分布占9.1%,东亚分布7.2%,东亚及北美间断分布占5.6%,中国特有成分0.9%,而且过渡性成分复杂,起源古老。

**关键词** 雾灵山 维管植物 区系 植物地理

雾灵山位于河北省兴隆县境内,顶峰2116.2 m,是燕山山脉的主峰。雾灵山植物成分具有明显的复杂性、过渡性和古老性。在多年调查、收集和整理的基础上,对雾灵山自然保护区蕨类植物12科18属34种及种子植物104科368属782种进行了分析、整理、鉴定,对植物区系特点、自然状况、植被分布规律、起源和相邻地区的联系等提供了科学的依据。

### 1 自然状况

雾灵山自然保护区位于兴隆县城北部,地理位置为北纬 $40^{\circ}29' \sim 40^{\circ}36'$ ,东经 $117^{\circ}17' \sim 117^{\circ}35'$ ,主峰位于北纬 $40^{\circ}36'$ ,东经 $117^{\circ}29'$ 。山体自西北向东南倾斜,北坡坡度30°左右。南坡26°左右。山峰峭立,深沟峡谷,既有山顶台地,又有缓坡宽谷和山间小盆地,地形复杂多样。沟谷中均有泉水汇集的溪流,其中在龙潭堰形成了落差60多米的飞瀑,景致壮观,是柳河和南台河的发源地。

雾灵山属暖温带大陆季风区,一年四季变化明显,年平均气温7.6℃,1月份平均气温-15.6℃;7月平均气温17.6℃。由于夏季海洋湿润气流侵入,降水较多,年均降水量720 mm,湿度较大,常保持在50%左右,7、8月大于75%,因有云雾长存,而得“雾灵”之称。

山体为花岗岩组成,其次为花冈片麻岩和石灰岩,风化较慢,故而形成天然石柱及“石海”景观。土壤母质为花岗岩残放物,土壤从下至上垂直分布为3个带。(1)山地淋溶褐土:分布在海拔600~900 m,土层在30 cm以下,水土流失严重,pH值微酸至中性,土壤较干旱,植被主要为草本、灌木和部分松栎林。(2)森林棕壤:海拔900~1800 m,土壤疏松湿润,灰分含量大,pH6~6.5,土层30~70 cm,枯枝落叶层多在40 cm以上,为本山主土壤类型。(3)亚高山草甸土:海拔1800 m以上,土层50~70 cm,具较厚腐殖质层,土层一年中有5个月的结冻期,植被多为草本,覆盖度90%以上。

### 2 雾灵山植物的区系特征

雾灵山在自然地理和历史影响的基础上,以及植物本身发展演化的结果,形成了该地区植物区系的一系列基本特征。

## 2.1 植物种类较丰富

根据统计并参考邻近地区植物志(河北植物志编辑委员会,1990;辽宁植物志编辑委员会,1985),雾灵山有野生维管植物116科386属816种。木本植物占植物总数18.1%,草本植物占植物总数81.9%。其中温带区系成分占绝对优势。菊科占13.1%,禾本科占9%,蔷薇科占6.5%,豆科占5%,唇形科占4.1%,毛茛科占4%从植物种类上表现了雾灵山的优势。

表1 雾灵山与毗邻山区主要植物种类对比

地区	菊科	禾本科	蔷薇科	豆科	唇形科	毛茛科	蓼科	百合科	莎草科	伞形科	合计	%
雾灵山(被子植物776)	102	70	51	39	32	31	29	25	25	25	429	55
百花山(被子植物648)	64	24	36	31	21	29	19	30	18	20	292	45
松山(被子植物635)	73	54	40	30	20	28	15	24	13	11	308	49

注:百花山1700 hm<sup>2</sup>;松山6667 hm<sup>2</sup>;雾灵山8865 hm<sup>2</sup>

## 2.2 有一定数量的古老种,起源比较古老

雾灵山植物区系起源于北极第三纪植物区系,其主要成分是第三纪(冰川期)植物区系的残遗。本区的高等植物,从中生代起就一直在温带、暖温带气候条件下生长发育,所以保留了较多的古老植物。本地区单种属科16个,如木兰科Magnoliaceae、花荵科Polemoniaceae等,占科总数的20%左右。单种属22个,如风箱果属*Physocarpus*、狼毒属*Stellera*等占本区属总数6%,少种属有22个,如云杉属*Picea*、胡桃属*Juglans*等,占总属数的7%。

## 2.3 区系成分复杂

雾灵山植物属于泛北极植物区的中国—日本植物亚区,是华北植物区系的一部分。本山区植物区系较为复杂,既有明显的古老性,也有不少年轻成分。按吴征镒先生(1991)“中国种子植物属的分布区类型”划分,雾灵山植物北温带分布属占总属数41.6%,为本山的基本组成成分;世界分布属占12.4%,旧世界温带分布属13.2%,泛热带分布占9.1%,东亚和北美间断分布属占5.6%,中国特有分布属占0.9%。

区系成分的多样性表现于(1)欧洲西伯利亚森林区系成分。如云杉属,落叶松属(*Larix*),杨属(*Populus*),柳属(*Salix*),胡桃属(*Juglans*),桦木属(*Betula*),栎属(*Quercus*),榆属(*Ulmus*),槭属(*Acer*),椴属(*Tilia*),丁香属(*Syringa*),莢蒾属(*Viburnum*)等。其中桦木科、杨柳科、忍冬科较为丰富,反映了北温带植物区特性。(2)中亚东部成分和内蒙古草原成分(中国科学院内蒙古、宁夏综合考察队,1985)。草本植物的一些重要属,大部分是北温带成分。如蒿属(*Artemisia*)16种,苔草属(*Carex*)19种,蓼属(*Polygonum*)17种,风毛菊属(*Saussurea*)14种,沙参属(*Adenophora*)10种,拂子茅属(*Calamagrostis*)等;欧亚-北美草原成分,如早熟禾属(*Poa*),针茅属(*Stipa*)等。(3)迁入成分和地史上热带气候条件下起源的植物成分,如酸枣(*Zizyphus jujuba* var. *spinosa*)、荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)、花荵(*Polemonium laxiflorum*)等。被子植物中热带、亚热带成分的科有木兰科、花荵科、紫葳科(Bignoniaceae)、马鞭草科(Verbenaceae)、鼠李科(Rhamnaceae)等。此外,山地针叶林下有典型欧-亚北部成分舞鹤草(*Maianthemum bifolium*)、铃兰(*Convallaria majalis*)、及松下兰(*Hypopitys monotropa*)、鹿蹄草(*Pyrola rotundifolia* var. *chinesis*)一些欧-亚广布的自生和腐生的兰科植物。因此,本区系中具有一些热带亲缘的成分影响。另外,本区尚未发现特有植物,但有中国特有3个,即青檀(*Ptercelitis tartarinowii*)、独根草(*Oresitrophe rupifraga*)和蚂蚱腿子(*Myripnois dioica*)。华北特有成分如知母(*Anemarrhena asphodeloides*)、北京虎耳

草 (*Saxifraga sibirica* var. *pekinensis*)、百花山花楸 (*Sorbus pohuashanensis*)、东陵八仙花 (*Hydrangea bretschneideri*) 等。国家保护植物有风箱果 (*Physocarpus amurensis*)、野大豆 (*Glycine soja*)、核桃楸 (*Juglans mandshurica*)、青檀、刺五加 (*Acanthopanax senticosus*) 等。栽培区系成分,多见于低山沟谷,坡地目前已开垦为农田、果园。主要的栽培植物有玉米、粟、高粱、小麦、水稻、谷子、荞麦、豆类、葱、萝卜、核桃、山里红、梨、板栗等几十种。

### 3 植被的垂直分布明显

雾灵山地区的地理位置和与此相关的气候条件,特别是水热复合因素,决定了植被分布的总体格局,而地貌特征可导致水热状况组合变化,从而影响植被的分布,山体呈东北——西南走向,阴阳差异显著。地形条件的差异引起所有生态因子的显著变化。海拔高度及坡向的不同,使水、热、土、肥组合情况形成了各自不同的特点,从而导致小气候、土壤的垂直分异(中国植被编辑委员会,1980)。因此植被的垂直分布规律表现的十分明显。根据雾灵山植被及群落组成种类和生态外貌的不同,可划分为 5 个植被垂直带。

#### 3.1 低山农田、果林、灌丛带

分布于海拔 800 m 以下阴坡和 900 m 以下阳坡。本带的原生植被应是落叶阔叶林,由于受人类生产活动的影响,原生植被已遭破坏。在地势平坦的盆地及坡地上大部分已开垦为农田或果园,在坡度较陡的地段为次生灌丛或灌草丛。

#### 3.2 中山下部落叶阔叶林带

分布于海拔 800~1400 m 阴坡和海拔 900~1500 m 的阳坡,以辽东栎林、油松林、山杨林、杨桦林为主,在沟谷地段有杂木林。本带植被具明显的次生性特点,植被的恢复较好,正向原生落叶阔叶林植被演替。

#### 3.3 中山上部针阔混交林带

分布于海拔 1400~1600 m 阴坡和海拔 1500~1700 m 阳坡。本带针阔混交林不典型,有明显的次生性和过渡性特点。阔叶树种占绝对优势,如:山杨、白桦、棘皮桦为主。寒温性针叶树青杆、白杆、华北落叶松散生于阔叶林中。

#### 3.4 中山部寒温针叶林带

本带的原生寒温针叶林已不复存在,目前大部分为人工营造的华北落叶松林,生长良好,大体的分布界限为海拔 1600~1800 m 的阴坡及海拔 1700~1900 m 的阳坡。

#### 3.5 山顶次生草甸带

分布于海拔 1800 m 以上的阳坡。草甸次生性明显,以山顶杂草类草甸为主。

### 4 讨论与结论

雾灵山国家级自然保护区,是华北地区植物、植被保存较好的地区之一,具有典型的暖温带山地生态系统,是华北地区植物种类最丰富的地区之一。通过我们的研究可以发现:(1) 植物种类较为丰富,苔藓植物,蕨类植物和种子植物共计 1000 余种,约占河北省全部植物种类的 36%,地理成分多种多样。(2) 植物区系的温带性质占绝对优势。根据种子植物 386 属的分布区类型分析,雾灵山北温带分布属占总属数的 52%,为本山的基本组成成分;旧世界温带分布属占 13.2%,为第二位。(3) 暖温带山地植被垂直分布明显。

本山区植物区系成分有明显复杂性、过渡性、古老性特点及物种多样性,值得进一步研究和探讨。

### 参考文献

- 北京师范大学生物系.1984.北京植物志(上、下册).北京:北京科技出版社  
河北植物志编撰委员会.1990.河北植物志(1—3卷).石家庄:河北科学技术出版社  
辽宁植物志编撰委员会.1985.辽宁植物志(上册).沈阳:辽宁科学技术出版社  
吴征镒.1991.中国种子植物的分布区类型,云南植物研究(增刊IV).1—139  
杨悦,胡东.1985.雾灵山的种子植物,北京师范学院学报(自然科学版).(2):95—106  
中国植被编辑委员会.1980.中国植被.北京:科学出版社  
中科院内蒙古,宁夏综合考察队.1985.内蒙古植被.北京:科学技术出版社

## STUDIES ON THE FLORA OF WULINGSHAN MOUNTAIN

Hu Dong, Zhang Weilai, Li Yougang

(Department of Biology, Capital Normal University, Beijing 100037)

Wulingshan Nature Reserve, situated in the eastern part of northern China, is located at  $40^{\circ}29' \sim 40^{\circ}36' N$ , and  $117^{\circ}17' \sim 117^{\circ}35' E$ . Its peak, 2116.2 m above sea level, is the second highest peak of Hebei Province. Its climate belongs to warm temperate type. The climates of the northern and the southern part of the mountain are different. Plant species in this mountain are plentiful, including more than 800 of vascular plants, which represent 380 genera and 116 families. Their geographical components are complex, with the northern temperate elements accounting for 41.6%, the cosmopolitan ones 20.4%, the old world temperate ones 13.2%, the pantropic ones 9.1%, the East Asian ones 7.2%, the East Asian and North American disjunct ones 5.6%, and the endemic species to China 0.91%.

**Key words:** Wulingshan, Vascular plants, Floristic analysis

# 对百山祖冷杉的现在、过去和未来趋势的初步探讨

孔昭宸<sup>1</sup> 杜乃秋<sup>1</sup> 吴鸣翔<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院植物研究所,北京 100093)

(<sup>2</sup> 浙江省庆元县林业局,浙江庆元 323800)

**摘要** 百山祖冷杉(*Abies beshanzuensis*)于1987年被国际物种保护委员会(SSC)公布列为世界上最濒危的12种植物之一。现存的4株局限分布在庆元县百山祖海拔1700m的谷地。生境十分脆弱。本文是笔者们为“加强自然保护,拯救百山祖冷杉”学术讨论会提交的论文,也许这些观点对于某些珍稀、濒危植物物种的保护、引种栽培具有一些参考价值。值得提及的是,涉及百山祖冷杉历史地理时,由于某些时段缺少古植物学证据,尚需进一步补充。

**关键词** 百山祖冷杉 现在状况 晚第四纪历史 未来趋势 濒危物种保护

百山祖冷杉(*Abies beshanzuensis*)现仅分布在浙江省庆元县百山祖海拔1700 m的非常狭小避风的谷地,在与亮叶水青冈(*Fagus lucida*)等乔木树种混交中显现出十分脆弱的生态环境(吴鸣翔,1976)。在长期地质历史(尤其是末次冰期)条件作用下,与外界环境(气候、土壤、水分)保持着相对的统一,当进入距今大约10000年的全新世,随着全球性气候的变暖和人为活动的影响的加剧,其个体和群体生态都在不同的程度上遭受破坏,使仅存的4株百山祖冷杉长势很差,花粉大都不成熟,种子难育,自然繁殖能力已十分脆弱。故被国际物种保护委员会于1987年公布定为世界最濒危的12种植物之一。鉴于这一物种在生物学、地理学和气候学上都具有十分重要的意义,因此引起当地政府和林业局的重视,从而在1985年建立起浙江省级百山祖自然保护区,1992年又上升为国家自然保护区。在该种发现与定名人吴鸣翔先生的组织下,尽其能力开展保护和繁殖实验。采用扦插和嫁接使百山祖冷杉的无性繁殖获得成功(沈明温,1989)。也许嫁接法受到其亲本的影响,使其遗传性有所改变,采取扦插法则受一年生枝条数量的限制,不利于濒危母株的保护。但在当前采用组织培养尚未成功的情况下(即使成功同样也会有性状变异和遗传性改变的可能),依靠无性繁殖无疑在挽救这一濒临灭绝的物种中,仍具有十分重要的理论和经济价值。因此为了挽救这一物种必须集思广议,采取相应的措施。著名教授吴征镒、吴中伦等曾经为“拯救百山祖冷杉研讨会”提出书面意见,与会的代表们则通过对该区的科研实践提出很好的建议。根据与会代表的启示和三次在该区的选点和采样分析,我们提出如下意见供参考。

1. 加强对百山祖冷杉生长地现代生态学(气候、土壤、水分)的动态观察和作较广范围的生物区系方面的调查,揭示生态诸因子和生物学特性间的关系。并可应用百山祖防火观察塔设置仪器作较长期的物候记录,无疑多年的气候因子分析会在制定百山祖冷杉的保护措施和人工繁殖上发挥作用。

2. 无性繁殖方法的继续探索。尽管保护区以日本冷杉作砧木、百山祖冷杉作接穗嫁接获

得成功,原因之一是日本冷杉和百山祖冷杉都是生长在亚洲东部受海洋性气候影响的较低海拔地带,属于较温暖的一组类型。如果能以台湾冷杉(*A. kawakamii*)和近年在湘、桂、黔、赣等地发现的冷杉做砧木和百山祖冷杉嫁接有可能更易成功。因这些冷杉的生境较为一致,同样也存在扩大繁殖提供新的造林树种问题。相反,如选取生长在东北、华北和西南高原上性喜寒温潮湿的冷杉作砧木则可能不利。

3. 组织培养是百山祖冷杉快速繁殖的有效方法之一。问题是能否筛选出促使愈伤组织分化的培养基,随之是将试管苗回归到大自然。无疑实验仪器设备的添置和科学的管理是十分必要的。当然吸收有关专家协作和保护区选送有事业心的科研人员到国内外先进的实验室进行百山祖冷杉的组织培养,可望取得新的进展。

4. 开展百山祖地区植被历史的研究。研究百山祖冷杉的过去可为了解现在和未来提供环境代用资料。随着生产力的发展和人类对自然界影响的明显加深,地质历史更新对现在和未来就愈有更大的相似性和可比性。通过对百山祖地区不同海拔高度湖沼相沉积物进行较高精密密度的取样和放射性碳素年龄测定、孢粉分析和炭片统计,从而有可能揭示最近30000年来的植被历史(陈西庆,1987)。从庆元蛤湖乡兰泥村林家后沼泽地深1.75~2.0 m取样经中国社会科学院考古研究所<sup>14</sup>C测年为距今 $1120 \pm 95$ 年(即公元 $830 \pm 95$ 年)、庆元黄坛村双垅深2.0~2.5 m测年距今 $1045 \pm 135$ (公元 $905 \pm 135$ 年)、庆元苏湖村上洋湖水下深1.5~1.85 m测年距今为 $10025 \pm 150$ 年(公元前 $8075 \pm 150$ 年)、百山祖冷杉1号树附近深0.9~1.0 m的测年为距今 $5985 \pm 125$ 年。上述4个测年样数据与深度有很大的差异,即林家后沼泽地和黄坛村为快速的山间沉积,虽深2 m,但距今只有1000多年,而上洋湖则为较理想的剖面。令人遗憾的是,我们还未找到能揭示最近30000年以来的连续剖面。

从代表百山祖现代特征植被的垂直带和上洋湖区所做的表土分析,未见到或仅个别出现百山祖冷杉的花粉。组合中是以松或常绿落叶阔叶树花粉和蕨类植物的孢子占优势。这说明近年冷杉花粉产量低或不能长距离地搬运。由于冷杉主要分布于北半球寒带和温带地区,与云杉有着较为一致的分布格局。鉴于它们在北半球晚更新世有着较今更为广泛的分布以及它们在植物学和地理学上的意义,因此不少作者涉及到它们的现代和过去分布及其与生态因子间的关系(徐仁等,1965,1980;孔昭宸等,1980,1984,1991,1992,1996;李文华等,1989,1983;张林源等,1987;吴锡浩,1983,1985;陈西庆,1987;应俊生,1989;王建,1990;陈楚莹等,1991;Tsukoda,1983;Takeuti和Ozaki,1987)。鉴于它们的分布与特定的生态条件,特别是水热条件相联系,在华北、东北及青藏高原上由它们组成的暗针叶林,其森林上限最热月的平均气温为10℃,其分布下限最热月平均气温15℃,低于或高于这一温度则不利于暗针叶林生长(李文华等,1970)。有人认为暗针叶林分布区温度的高低及其年分配相当严格地受当地年温差制约(吴锡浩,1983)。王建则认为,>0℃月温度积温和>5℃的月积温是影响和控制寒温性暗针叶林分布与发育的两个重要的热量指标(王建,1990)。一般看,作为云杉、冷杉组成的暗针叶林要求的相对湿度不低于60%,年降水量>500 mm。事实上中国和日本存在着两类不同性质的暗针叶林。浙、桂、黔、赣发现的冷杉都与亚热带的落叶阔叶树种混交,迄今只找到冷杉,然而未发现常伴生的云杉,实际上属于东北亚分布的较温暖潮湿的类型。(陈西庆,1987;孔昭宸等,1992;石宁,1996)。根据万里林场海拔1080 m的气象记录,按高度递减率推算,1700 m的百山祖冷杉生长地的年平均气温约8.4℃,最热月气温可达18℃,年降水量超过2000 mm,平均相对湿度可达95%。由于受东亚季风的影响,这儿风大,冬春湿冷,霜冻

期很长,最低气温可达-15℃。作为我国东部落叶和常绿阔叶林区在末次冰期的一个显著特征,是在距今30000~20000年时,由冷杉、云杉、铁杉、柳杉、杉木和一些落叶阔叶树种组成的针叶林或针阔叶混交林生长下限的移动和分布区的南移。百山祖冷杉、元宝山冷杉、资源冷杉、梵净山冷杉以及今后还有可能发现新的冷杉,很可能成为晚冰期时向低山丘陵甚至平原上扩展的佐证。只是在进入被称之为全新世(冰后期),气候明显转暖,尤其是到了距今8500~3000年的高温期,由于冷杉、云杉组成的暗针叶林对水热条件表现出的脆弱性,使得它们在华东低山地区失去优势地位,而被落叶阔叶和常绿阔叶林所代替,而百山祖冷杉却被保留在狭小的空间,因此在某种意义上说,它们可以作为晚冰期受海洋性气候影响地区的“活化石”。无论是百山祖冷杉以及后来在湘、桂、黔、赣发现的冷杉都是不同于我国北方和青藏高原上组成寒温性针叶林和亚高山针叶林的冷杉类型。现今的气候不利于它们的繁殖。促使生长在高海拔的峨眉山冷杉近年受到自然和人为性的影响而衰亡(陈楚莹等,1991)。

自本世纪70年代以来,随着生产力的发展,人类对自然界的影响明显加深,特别是由于CO<sub>2</sub>等温室气体含量的增加,引起全球性气候的变暖,酸雨增加,加上人为的开垦、火烧一定会导致某些物种外界条件的变化(如夏季的高温、干燥、>0℃的月温度积温过高或过低等),从而导致十分脆弱的某些生物属种的缩小甚至消失。因此在对百山祖冷杉发生挽救呼吁时,应当加强对保护区的生态环境和研究经费的资助,我国东部现存的数种冷杉则是很好的研究对象。

**致谢:**承蒙庆元县林业局百山祖自然保护区在野外考察选点期间给予的诚恳帮助,沈明温、毛小荣、马海泉等诸先生的热情指导和照顾,在此一并致谢。

#### 参 考 文 献

- 陈西庆.1987.晚冰期与现代两类不同生态暗针叶林的研究及其意义.地理科学.7(3):220~230  
 陈楚莹,廖利平.1991.峨眉山冷杉衰亡原因的初步研究.应用生态学报.3(1):1~8  
 傅立国,吕庸浚,莫新礼.1980.冷杉属植物在广西与湖南首次发现.植物分类学报.18(2):205~210  
 徐仁,孔昭宸,杜乃秋.1980.中国更新世的云杉、冷杉植物群及其在第四纪研究上的意义.中国第四纪研究.5(1):48~56  
 孔昭宸,杜乃秋.1980.中国晚冰期时的植物群.中国冰川冻尘.2(4):29~32  
 孔昭宸,杜乃秋.1984.三江平原末次冰期的植物化石和孢粉组合.地理科学.4(1):76~80  
 孔昭宸,杜乃秋.1991.中国东部晚更新世以来植被和气候的戏剧性变化.中国海陆第四纪对比研究.北京:科学出版社,165  
 - 171  
 孔昭宸,杜乃秋.1992.植物群的古气候变迁记录.中国气候变化及其影响(李克让主编).北京:海洋出版社,115~176  
 李文华,周沛村.1979.暗针叶林在欧亚大陆分布的基本规律及其数学模型的研究.自然资源.(1):21~34  
 石宁.1996.上新世早更新世云杉属和冷杉属在华北地区的发展及其气候指示意义.第四纪研究.(4):319~328  
 沈明温.1989.百山祖冷杉的繁殖.中国植物园.(2):64  
 吴鸣翔.1976.百山祖冷杉——一种新的冷杉发现.植物分类学报.14(2):15~21  
 吴锡浩.1983.暗针叶林带温度研究.科学通报.(23):1451~1454  
 吴锡浩.1985.中国东部和西南地区更新世云杉、冷杉植物群记录的古温度研究.中国地质科学院地质力学研究所所刊.北京:地质出版社,155~166  
 王建.1990.中国寒温性暗针叶林分布界限温度的统计分析.地理科学.10(2):142~149  
 应俊生.1989.中国裸子植物分布区的研究(1)——松科植物的地理分布.植物分类学报.27(1):27~38  
 张林源,李吉均,周尚哲.1987.关于我国云杉、冷杉孢粉组合的古气候意义商榷.中国第四纪冰川缘学术讨论文集.北京:科学出版社,129~137  
 Tsukada M.1983. Vegetation and climate during the latest glacial maximum in Japan. *Quaternary Research*. 19:212~235  
 Takeuti S. and Ozaki H. 1987. Pollen analysis of the Hanaizumi formation, Twate Prefecture, northeast Japan. *Saitte Ho-on Kai Mu*.

seum Research Bulletin 55:13-20

## DISCUSSION ON THE PAST AND PRESENT SITUATION AND FUTURE TRENDS OF *ABIES BESHANZUENSIS*

Kong Zhaochen, Du Naiqiu, Wu Mingxiang

(<sup>1</sup>Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

(<sup>2</sup>Forestry Bureau of Qingyuan County, Zhejiang Province, Qingyuan 323800)

Baishanzu Nature Reserve is located in Qingyuan County, southwest of Zhejiang Province. There are only four individuals of *Abies beshanzuensis* M. H. Wu occurring within a mountain valley with an altitude of 1700 m above sea level, so it is one of the 12 most rare and endangered plant species listed in the International Species Security Committee (SSC) in 1987. This paper discusses the current situation, the distribution in history and predicts the future trends of *A. beshanzuensis*. It is pointed out that the palynological evidence is still lacking on some layers. Thus it is necessary to make further investigation.

**Key words:** *Abies beshanzuensis*, Present situation, Geographical history, Development trends

# 从四川西南部冕宁县中全新世古森林探讨生物多样性变化

刘和林 李承彪

(四川省林业科学研究院,成都 610081)

**摘要** 本文从历史植物地理学的角度、根据川西南山地冕宁县沉黄沼泽地层中发掘出中全新世以来保存完好的大量古森林遗迹资料,通过多学科综合性研究证实,中全新世“沉黄古森林”距今约7000多年,是由44科、55属、73种森林植物组成,以铁杉为主要建群种,林内混生有多种常绿和落叶针阔叶树种。从该森林的演变和种类组成变化得知,在距今4500~2800年间,铁杉和阔叶树种数量减少,云南松数量增加,杉木已从森林中消失;距今2800年以来铁杉进一步减少,云南松显著增加,黄杉、华山松、油杉、桦木、木荷、桤木逐渐从森林中消失;距今2000年左右,铁杉和雪松从森林中消失。目前该地区森林已演变成云南松林或松栎混交林。森林生态环境演变大致分为4个阶段:(1)温暖多雨阶段(距今7000年以前);(2)温暖湿润阶段(距今7000~4500年);(3)温暖潮润阶段(距今4500~2800年);(4)温暖干燥阶段(距今2800年以来)。由上可见,沉黄中全新世古森林及生态环境的演变,提供了这一森林生态系统在时间和空间上物种多样性变化的实例。

**关键词** 历史植物地理学 古植物学 第四纪地质 森林演替 生物多样性

森林是由各种森林植物、动物、微生物及其与环境组成的相互影响、互相制约、不断发展的统一体。由于其组成种类的多样性和相互联系的复杂性,所以它又是一个极其复杂的多要素、多变量的生态系统。森林及其物种在不同的历史时期和空间,在外力作用下,处于不断发生、发展、演变、分化和消亡的过程,进而形成不同的森林生态系统,表现出森林生态系统的各种生物多样性特点。

生物多样性是地球40多亿年生物进化的结果,它既为人类提供了优美的生活环境,也为人类提供了各种各样的重要物产资源,因此,它又是自然环境质量的反映。所以,生物多样性越来越受到重视。据研究,地球上目前每天大约有1种植物灭绝,地球环境逐渐恶化,使生物多样性受到挑战、使资源和环境受到威胁。众所周知,生物多样性是历史的产物,具时间和空间特点,本文从地质历史时期与目前生物多样性的比较为例,进而探讨中全新世以来“沉黄古森林”生物多样性变化的趋势。

## 1 研究地区概况

川西南山地冕宁地区,古森林遗迹埋藏于沉黄沼泽地层中,该区属四川省凉山彝族自治州冕宁县拖乌区中兴乡彝海侧,距县城48 km。位于北纬 $20^{\circ}44'$ ,东经 $102^{\circ}14'$ ,1981年四川省林业科学研究院在其沼泽地层中发现大量保存完好的阴沉木、树叶、果实、树皮等古森林遗迹,经研究分析证实:该古森林为距今约7000年的中全新世森林遗迹,遗迹系分期埋藏,剖面从下至上时间序列清楚,具重要研究价值(刘和林,王德银,1984)。受到四川省政府重视,采取了相应

• 部分资料来源于国家自然科学基金项目“四川西南部古森林遗迹及其环境背景与森林演变关系的研究”

的保护措施，并于1983年列题对古森林遗迹进行多学科综合性研究。发掘调查探坑13个，收集大化石标本和分析样品280个，在沉黄附近作了地质槽探剖面9处和剖面8条，并进行了植被、土壤、以及地质外围区考察，对森林遗迹210个标本作了形态分类鉴定，进行了泥炭地层孢粉分析，木材与泥炭<sup>14</sup>C距今年龄测定及理化性质分析，泥炭与土壤大量元素及微量元素、粘土矿物成分及伴生砂样分析，显微鉴定等分析测试项目87项，样品474个。1988年申请国家自然科学基金项目进行了“四川西南部古森林遗迹及其环境背景与森林演变关系的研究”，对有关森林遗迹作了进一步对比研究。

现以其中原地埋藏，保藏完好的“沉黄古森林遗迹”的资料，探讨该地中全新世以来森林生物多样性变化的趋势。

## 2 凉宁“沉黄”中全新世以来森林的演变（孔昭宸等，1982）

### 2.1 “沉黄”古森林的种类组成及群落特征

根据大化石鉴定与孢粉分析资料，6000年前“沉黄”古森林植物计有55属73种，分属44科。其中包括主要乔灌木树种11科15属18种，“沉黄”古森林以丽江铁杉(*Tsuga forrestii*)和云南铁杉(*T. dumosa*)为主要建群种，其组成树种有云南松(*Pinus yunnanensis*)、黄杉(*Pseudotsuga sinensis*)、华山松(*Pinus armandii*)、云南油松(*Keteleeria evelyniana*)、石栎(*Lithocarpus* sp.)、青冈栎(*Cyclobalanopsis* sp.)及另外两种壳斗科植物、木荷(*Schima* sp.)、桦木(*Betula* sp.)、深纹核桃(*Juglans sigillata*)、桤木(*Alnus* sp.)杜鹃(*Rhododendron* sp.)等，另外有个别雪松(*Cedrus* sp.)，早期有少量杉木(*Cunninghamia* sp.)。林龄约300年，林木胸径30~80cm。林木直径年平均生长量铁杉0.37(100年生)~0.29(200年)cm，300年生仍保持0.24cm，生长持续期长，生长好；云南松1.3(30年生)~0.7(80年生)cm，黄杉0.6(24年生)~0.3(90年生)cm，华山松0.57(34年生)~0.34(70年生)cm，均与今木生长量接近，或超过今木。从林木径级看，平均胸径，铁杉约50cm，云南松28.8cm，黄杉28.5cm，华山松41.0cm，阔叶树种36.6cm。根据树种组成与径级分析，森林中以铁杉占优势，林分的垂直结构大体为铁杉、云南松等针叶树种占第Ⅰ层，阔叶树种构成第Ⅱ层，杜鹃等灌木为第Ⅲ层，表现为针阔混交、多树种、复层结构的林相特征，森林天然更新较好，林分茂密，林下枯枝落叶丰富，林地水土保持能力较强。

### 2.2 中全新世以来“沉黄”森林演变规律

森林是一种重要的自然地理景观，是一定自然历史条件的产物。它因受多种内、外因素的影响和制约，而不断地发展和变化，如森林进行着自身的演替过程，在一定时期，森林与其环境之间达到相对的统一。因此，森林呈现出明显的时间与空间分布特点。根据遗迹中埋藏的化石(表1)与孢粉资料，该区森林的变化大体可分为三个阶段：前期(距今约6700~4500年)森林中以针叶树种占优势，针叶树种中以铁杉为主，阔叶树种中桤木、桦木、鹅耳栎、栎类等数量较多，形成以铁杉为主的针阔混交林。此时期森林延续的时间较长，从组成树种与树种生态特性的一致性以及延续时间看，森林处于相对的稳定阶段。中期(距今约4500~2800年)铁杉与阔叶树种数量减少，云南松数量有所增加，黄杉、华山松、油杉亦略有增加，因湿度降低，温度增高，铁杉、桦木、桤木等明显减少，树种更替加剧，森林演变过程加快。后期(距今约2800年以后)，铁杉数量进一步减少，云南松数量显著增加，黄杉、华山松、油松、桦木等已从该地森林中消失，表现出云南松林的特征(表2)。

表1 不同时期倒埋林木种类组成情况

时期	距今年龄阶段 (年)	树种比例(%)					备注
		铁杉	云南松	黄杉	华山松	阔叶树	
早期	6700~4500	100	/	/	/	/	早期未掘到其它树
中期		28.0	16.0	20.0	12.7	24.0	种的木材,但有其它
后期		22.2	55.6	/	/	22.2	树种的果实和枝叶

表2 不同时期“沉黄”森林树种组成变化情况

距今年龄阶段(年)	森林树种组成	树种
6700~4500	云南铁杉、丽江铁杉、云南松、黄杉、华山松、油杉、桤木、青冈、石栎等4种壳斗科树种、木荷、桦木、雪松、杉木	
4500~2800	云南铁杉、丽江铁杉、云南松、黄杉、华山松、油杉、桤木、青冈、石栎等4种壳斗科树种、木荷、桦木、雪松、杉木	杉木
2800年以后	云南松、云南铁杉、丽江铁杉、桤木、栎类、木荷、雪松	黄杉、华山松、油杉、桦木
目前	云南松、栎类	

注:雪松、杉木为孢粉化石

### 3 古气候与生态环境的变化 (中央气象局研究所,1997;刘伦辉,邱学忠,1980)

据“沉黄”全新世孢粉组合资料,大化石与<sup>14</sup>C年龄值对比,沉黄埋藏古森林所反映的古气候特征可分为4个时期:

1. 温暖多雨期(距今7000年以前):植物类型以喜湿热的蕨类植物为主,反映出温暖多雨的气候特征。

2. 温暖湿润期(距今约7000~4500年):森林以铁杉为主要建群种,阔叶树种的比例较高,间有山矾等个别热带成分,蕨类植物仍占较大比例,沼泽发育,泥炭堆积,反映出十分温暖湿润的气候环境。

3. 温暖潮润期(距今约4500~2800年):针叶树种比例增加,阔叶树种比例下降。针叶树种中云南松比例增加,铁杉数量减少,喜温、喜光的黄杉、油杉数量增多,是铁杉向云南松林演变的过渡类型,生境湿度下降,气候温暖潮润。

4. 温暖干燥期(距今约2800年以来):随着气候变干,云南松数量显著增加,铁杉数量迅速减少至绝灭,并逐步向上迁徙,目前在“沉黄”上面约180 m(海拔高约2430 m)的狭窄谷坡处有小片丽江铁杉林残存,桦木亦同期迁升至海拔2400 m以上,石栎、木荷、桤木也迁徙至沟谷阴湿处,坡地为云南松纯林或松栎混交林,栎类已由湿性栎类演变为干性栎类,反映出温暖干燥的生境特点。

根据冕宁气象站资料推算,目前“沉黄”的年平均气温约11.5℃,年降水量约1570 mm,现今丽江铁杉分布处(海拔2430 m比“沉黄”高180 m,与该县铁杉分布下限海拔高度接近)的平均气温约10.5℃,年降水量约1750 mm,如以古森林主要建群种丽江铁杉目前分布高度的温湿度指标代表“沉黄古森林”的温湿度条件,则目前与距今2800年相比,年平均气温高1℃左右,年降水量约少180 mm以上。沉黄中全新世古气候变化可以概括为这样一种趋势:降水量逐渐减少,气温前期温暖,中期略有下降,后期温度升高,大体呈现马鞍形。森林群落的演变

对其林地的水土流失状况具有明显的影响,前期、中期在沉黄泥炭地层发育过程中,即苔藓、杂草生长垫积层中无明显泥沙沉积,表明中前期森林群落及其生态环境较为稳定,林地水土保持能力强,后期沉黄森林逐步演变为云南松林,林地水土保持能力减弱,水土流失加剧,故自约距今2000年以来,在沼泽洼地边缘逐渐垫积形成厚30~40cm的冲积土层。

#### 4 结论

沉黄中全新世森林演变及其环境变迁,提供了生物多样性在时间和空间上变化的一实例,可初步看出其生物多样性变化的动向。

1. 从物种多样性看。中全新世时期“沉黄”坡地上森林植物种类组成丰富,计44科55属73种,其主要乔灌木树种为11科15属18种,其中针叶树种6种,另有个别雪松和杉木,阔叶树种7种,其树种变化,杉木大约在距今4500年以后从沉黄森林中消失。目前在凉山彝族自治州少量零星分布的德昌杉木(*Cunninghamia unicanaliculata*)(杉木属新种),为第三纪古孑遗树种,已列为国家二类珍稀濒危保护树种,目前在离沉黄约150km以外的德昌、米易等县有小片零星分布;黄杉、华山松、油杉、桦木等树种约于距今2800年以来,铁杉约在距今2000年左右,从该地森林中消逝,雪松大约在距今2000年左右在沉黄森林中尚有分布,据孢粉研究(中国地质科学院地质力学研究所,1977;中国科学院北京植物所,南京地质古生物研究所,1978),雪松在上新世(距今约1300万年)曾普遍分布于我国西南地区,并为针叶林的主要建群树种,第四纪初气候逐渐变冷,加以青藏高原大幅上升,导致雪松分布区的收缩,至中更新世(距今约100万年)以后即不复存在。目前在我国仅喜马拉雅山西部才有分布,沉黄雪松孢粉,是雪松植物从我国广大地区向喜马拉雅山西部迁徙过程中,在我国西南部留下的撤退时间迄今最晚的记录。该地森林树种种类组成的变化,部分树种的绝灭,是一定自然历史时期的产物,既与自然环境变迁相联系,亦是植物群不断繁衍、演变、新类群不断产生,旧类群不断消亡而不断更新的过程,生物进化,“适者生存”是生物物种多样性产生的结果和背景。

2. 从森林生态系统多样性看。据森林群落与森林生态环境的变化动向分析,沉黄森林自中全新世以来经历了铁杉林,铁杉阔叶树种混交林,铁杉与多种针阔叶树种的针阔叶混交林,最后演变为云南松林。森林生态环境变化经历了温暖多雨期(距今7000年以前)、温暖湿润期(距今7000~4500年)、温暖潮润期(距今4500~2800年)、温暖干燥期(距今约2800年以来)森林群落与森林生态环境变化动态表现出明显的一致性,沉黄森林随着青藏高原的不断抬升,从原来以山地暗针叶林向山地干性常绿阔叶林演变;同时从稳定的常绿阔叶林顶极群落向相对稳定的云南松林亚顶极群落发展,构成相对稳定的松栎林生物群落与生态环境的组合,及其结构复杂程度的降低,导致森林生态系统多样性受到影响。此外,沉黄古森林埋藏地层剖面也反映了沉黄由湖泊→沼泽→陆地的演变过程,沉黄泥炭造炭植物除草类和森林遗迹外,中期有以漆光镰刀藓(*Drepanocladus vernicosus*)为主的泥炭层,目前这种藓类在本地区未见分布,表明适应该藓类生长发育的生态环境已有较大变化。

#### 参 考 文 献

- 孔昭宸等. 1982. 北京地区10000年以来的植物发展和气候变化. 植物学报. 24(2):172~181
- 刘和林,王德银. 1984. 景宁“古森林”的研究. 林业科学. 20(4):380~388
- 刘伦辉,邱学惠. 1980. 我国铁杉林的地理位置及垂直带的研究. 云南植物研究. 2(1):9~21
- 中央气象局研究所. 1977. 气候变迁和超长期预报文集. 北京:科学出版社
- 中国地质科学院地质力学研究所. 1977. 中国第四纪冰川地质文集. 北京:地质出版社

中科院北京植物所,南京地质古生物研究所.1978.中国植物化石(第三册).中国新生代植物.北京:科学出版社

## A STUDY ON A PALEOFOREST IN SOUTHWEST SICHUAN AND ITS CHANGE IN SPECIES DIVERSITY

Liu Helin, Li Chengbiao

(Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081)

From a view of historical plant geography, based on a multi-disciplinary study on a large number of well-preserved remains of a paleoforest in the Middle Holocene unearthed from the stratified deposits of a marshland at Chenzhuang in Mianning County, southwest of Sichuan Province, it was confirmed that this paleoforest, which dated back to about 7000 years ago, consisted of 44 families, 55 genera and 78 species, with species of the genus *Tsuga* as the dominant ones of the forest community, in which some other evergreen and deciduous coniferous trees and broad-leaved trees were mixed. From the change of the species composition in different historical periods, it was found that from 2800 to 4500 years ago, the number of *Tsuga* trees and the broad-leaved trees had decreased whereas that of Yunnan pines (*Pinus yunnanensis*) increased, and Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) had disappeared. Beginning from 2800 years ago, the number of *Tsuga* trees continued to decrease while the number of Yunnan pines remarkably had increased, and more and more trees gradually disappeared, such as *Pseudotsuga sinensis*, *Pinus armandii*, *Keteleeria evelyniana*, *Betula* sp., *Shima* sp. and *Alnus cremastogyne*. About 2000 years ago, *Tsuga* trees and *Cedrus deodara* vanished from the forest and then the forest gradually changed into the modern type which is composed of Yunnan pines, mixed with some other *Pinus* species. Therefore, the change of the ecological environments of the paleoforest under question may be divided into four periods: (1) the warm and rainy period (7000 years ago); (2) the warm and wet period (7000–4500 years ago); (3) the warm and damp period (4500–2800 years ago) and (4) the warm and dry period (2800 years ago to now). From the mentioned above, we consider that the paleoforest studied here might provide an example of the change of species diversity in space and time in forest ecosystems.

**Key Words:** Historical plant-geography, Paleobotany, Quaternary geology, Forest succession, Biological diversity

# 朱鹮空间动态的种群生存力分析模型 IBIS 的建立

李欣海 李典摸

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

**摘要** 我们应用地理信息系统 Arc/Info 的宏语言 AML 编写了朱鹮的空间动态的种群生存力分析模型 IBIS, 模拟了朱鹮在它的栖息地陕西省洋县的出生、死亡和迁徙等生物学过程。该模型由三部分构成: ①朱鹮生存的基底。我们把洋县的植被图(17 种植被类型)、地形图(200 ~ 2600 m, 每 200 m 一条等高线)、河流(1700 余条干、支流)和水库(70 余个)以及公路、铁路和乡镇数字化, 作为模型的景观基底。不同的景观类型意味着对朱鹮不同的适宜程度。栖息地景观随时间推移而呈动态变化, 该模型考虑了农田的季节性变化和森林的年际生长。②朱鹮生死和迁徙等过程的模拟。我们模拟朱鹮每个个体的生物学过程, 其出生率、死亡率和在不同生境的定居率由符合正态分布的随机数决定。个体的随机行为受其年活动规律和占区行为等因素的制约。种群数量受密度制约。外界的随机干扰如灾害等将去除部分个体, 或降低部分生境的适合度。③模拟结果的统计分析。该模型可把朱鹮几十年至几百年的种群动态重复模拟许多次, 然后统计其平均的数量动态和空间动态, 给出种群的平均出生率、死亡率和不同生境的定居率, 并可给出种群分布与生境的相关系数, 绘出种群数量的年际变化曲线。

**关键词** 朱鹮 种群生存力分析 Arc/Info 保育生物学 模拟模型

## 1 前言

人类社会的发展消耗了大量的自然资源, 使越来越多的生物处于濒危状态。如何拯救濒危物种, 维持生物的多样性, 是亟待解决的问题。自 80 年代后期以来, 保育生物学理论逐渐成型, 其中种群生存力分析是其核心内容之一(Shaffer, 1990)。最近, IUCN 物种存活委员会的保护繁殖专家组正积极推广以模拟模型 VORTEX (Lacy, 1993) 为基础的种群生存力分析, 迄今为止已在 150 余个物种上得到了应用(个人通讯)。目前, 我国在大熊猫(魏辅文和胡锦矗, 1993)、白暨豚(Zhou, 1994; 张先锋等, 1994)、海南坡鹿(Song, 1996)和朱鹮(李欣海等, 1996)等物种上也完成了同样的工作。其他模型如 GAPPS (Harris 等, 1986) 和 ALEX (Possingham 和 Davies, 1995) 等也用于物种的种群生存力分析。然而, 虽然当前的方法较以前有很大的进步, 但是它没有考虑目标物种的具体生境, 没有考虑空间异质性对种群动态的影响, 因此不能充分具体地指导保护策略的制定。

我们应用 Arc/Info 的宏语言 AML 编写了朱鹮的空间动态的种群生存力分析模型, 充分考虑了朱鹮在异质性的空间里的迁移、占区和集群等空间行为和不同斑块内生死过程、环境波动和灾害的特殊, 以及生境植被、地形和人为干扰的变化对它的影响。因此, IBIS 对朱鹮濒危状态的分析, 对它在不同生境管理和改造策略下种群动态的模拟, 是以朱鹮的真实栖息地洋县为基础的, 由此制定的保护策略是具体的和可行的。

## 2 模型的原理

IBIS 是个体基础(individual based)的计算机随机模拟模型, 主要进行生境选择、生死过

程的模拟和结果的统计分析。对于生境选择的模拟,我们选择植被、地形、河流、道路和乡镇这些对朱鹮有意义的生境因子,然后将其用地理信息系统(Arc/Info)数字化,形成朱鹮栖息地的底图。朱鹮的种群动态在一年内可分为繁殖期、游荡期和越冬期,在不同时期它对植被和地形的需求不同。在 IBIS 中,栖息地内的植被处于生长状态,乔木长到 20 岁时对朱鹮的适合度最高,但此时被按一定比例皆伐,然后重新从 0 岁开始生长。所以,不同的植被类型在不同时期对朱鹮有着不同的适宜程度(表 1)。同样,不同的海拔高度在不同时期对朱鹮的适合度也不同(表 2)。朱鹮对人类的活动十分敏感,距离乡镇和道路越近,其出现频率越少。所以我们根据距人类活动的远近而设定了核心区(道路两侧各 500 m,乡镇周围 1000 m)和边缘区(道路核心区周围 500 m,乡镇核心区周围 1000 m),不同区域对朱鹮的适合度不同(表 3)。由于朱鹮是涉禽,河流、水库等湿地是其适宜生境,湿地核心区(河流、水库周围 100 m)和边缘区(核心区周围 200 m)也意味着不同的适宜程度(表 3)。最后把这 5 个图层的适合度叠加起来,形成总的适合度。朱鹮的种群动态便在总适合度图上模拟。由于朱鹮运动能力很强,所以在进行空间动态的模拟时,IBIS 将朱鹮按概率投射到总适合度图上,而不是沿一定路线在相邻的生境间移动。在一年不同季节的迁徙中,朱鹮选择不同适合度生境的概率为其中为朱鹮对适合度为  $i$  的生境的选择概率;  $i$  为总适合度图上斑块的适合度;  $c$  是一个常数,用来调整适合度和选择概率间的加权关系;  $a$  为适合度为  $i$  的斑块的面积。

一年中朱鹮分别在繁殖区、游荡区和越冬区中生活,每个个体的生境选择由随机数发生器产生的随机数决定,其概率符合公式(1)。在繁殖期,由于朱鹮有占区性,所以 IBIS 在每个个体定居后,将其周围的生境适合度降低一定比例(比如 80%);在游荡期,朱鹮具有集群性,所以 IBIS 将定居个体周围生境的适合度提高一定比例(比如 10%);在越冬期,朱鹮处于由集群到占区的过渡阶段,所以此时个体定居对适合度没有影响。

表 1 不同植被类型对朱鹮的适合度

植被类型	树龄或时间	适合度
马尾松林		
栎桦林	树龄 < 20	树龄
阔叶林	树龄 > 20	20
针阔混交林		
柏树林	树龄 < 20	树龄 / 4
油松林	树龄 > 20	5
	繁殖期	20
农田	游荡期	5
	越冬期	5
荒山荒地		
薪炭林		
灌木林	树龄 < 20	树龄 / 8
沙滩	树龄 > 20	3
经济林		
冷杉林		

在有着具体适合度的生境斑块中,IBIS 将种群动态模拟为有一定发生概率的相互独立的序列事件,表现为种群在多种确定性和随机性因素相互作用下的综合结局。它模拟个体的生死过程,是在一定概率分布和生境适合度的制约下,通过产生随机数来确定每个个体的生死,确定每个雌体每年产卵数量,幼体性别,应用蒙特卡罗随机取样法得到一个统计的结果。适

合度越高,个体进行高繁殖率和低死亡率的概率越高,繁殖率和死亡率也越稳定,而且有着较低的灾害频率和强度。IBIS 中繁殖率和死亡率的均值和方差、灾害的频率和强度等数据取自我们以前所作的朱种鵠群生存力分析的结果(李欣海等,1996)。这样,IBIS 可以概括种群统计随机性、环境随机性和灾害随机性对种群动态的影响。同时,IBIS 引入了密度制约、年龄结构、性比等因素的作用,而且还包括了栖息地变化、捕杀、释放等确定性过程,尽可能真实地模拟种群的动态。

表 2 不同海拔高度对朱鵠的适合度

时间	海拔*	适合度
繁殖期	200~400, 1800~2600	3
	600, 1400	5
	800~1200	20
游荡期	200, 1600~2600	3
	400, 1000~1400	5
	600~800	20
越冬期	200, 1800~2600	3
	1600	5
	400~1200	20

\* 海拔 200 m 指 200~399 m 的高度范围,余此类推。

表 3 河流、道路和乡镇区域对朱鵠的适合度

景观类型	位置	适合度
道路	核心区	3
	边缘区	5
	其他	10
乡镇	核心区	3
	边缘区	5
	其他	10
河流	核心区	20
	边缘区	15
	其他	10

当完成一定时间尺度、一定重复次数的种群动态的模拟后,我们把需要的信息,如种群数量,分年龄结构和与生境的关系等,从文件中提取出来,并利用 Arc/Info 提供的函数进行分析,并以图、表的形式显示出来。

### 3 模型的结构

IBIS 是在工作站 DECstation 5000/133 上用 Arc/Info7.02 的 AML 编写出来的。它由两部分构成:生境底图文件和 AML 编写的程序。生境底图文件是栅格(grid)形式的位图文件,我们把整个洋县作为朱鵠生境的范围(extent),以 500 m × 500 m 的方格作为生境的精度(grain),这样整个洋县被分为 13161 个方格。方格内的生境质量被认为是均一的,即每个方格有唯一的适合度。这样,朱鵠的生存被模拟为方格内的生死过程和方格间的迁徙和定居过程。

IBIS 的 AML 程序运行在 Arc/Info 的 GRID 模块下。AML 程序采用结构化设计,主程序流程如图 1 所示,它调用随机数产生模块、正态分布模块、生境选择模块、出生率模块、死亡率模块、灾害模块等等。

### 4 IBIS 模型的不足之处和其在今后的发展方向

同许多其他模型一样,我们把复杂的生物学过程通过假设进行简化。IBIS 有以下几个主

要的假设:(1)假定朱鹮只分布于我们的研究区域,即陕西省洋县境内。(2)把朱鹮种群按单一雌种群进行模拟,没有考虑婚配制度,没有考虑近交衰退。(3)在生境因子中,只考虑了植被、地形(海拔和河流)和人为干扰(乡镇和道路)对朱鹮的影响,忽略了气候、天敌和食物丰度等其他因素。(4)没有考虑朱鹮对巢区位置的记忆和对迁徙路线的记忆。(5)植被类型只随时间变化,忽视了不同植被类型的转化和演替。(6)一些具体的参数,如生境适合度、不同适合度对应的繁殖率、死亡率和灾害程度以及环境波动程度等尚需进一步修订。

IBIS 只适用于洋县的朱鹮种群,它同其他空间精确性种群模型(spatially explicit population model)如 BACHMAP (Pulliam 等,1992)、ECOLECON (Liu,1992)一样,面向复杂的、具体的景观中的具体物种;它没有 VORTEX 、ALEX 等进行种群生存力分析的模型那样的通用性。

在将来,我们将逐渐增加 IBIS 的复杂性。首先,要增加一个变量赋值模块,以便灵活地改变出生率、死亡率等参数的值;其次,要增加朱鹮对巢区的记忆;另外,我们将设计一个友好的界面,让用户可以自己控制包括生境地图的数字化、模型参数的确定和需要的结果等整个过程,以便指导其他动物的管理和保护工作。

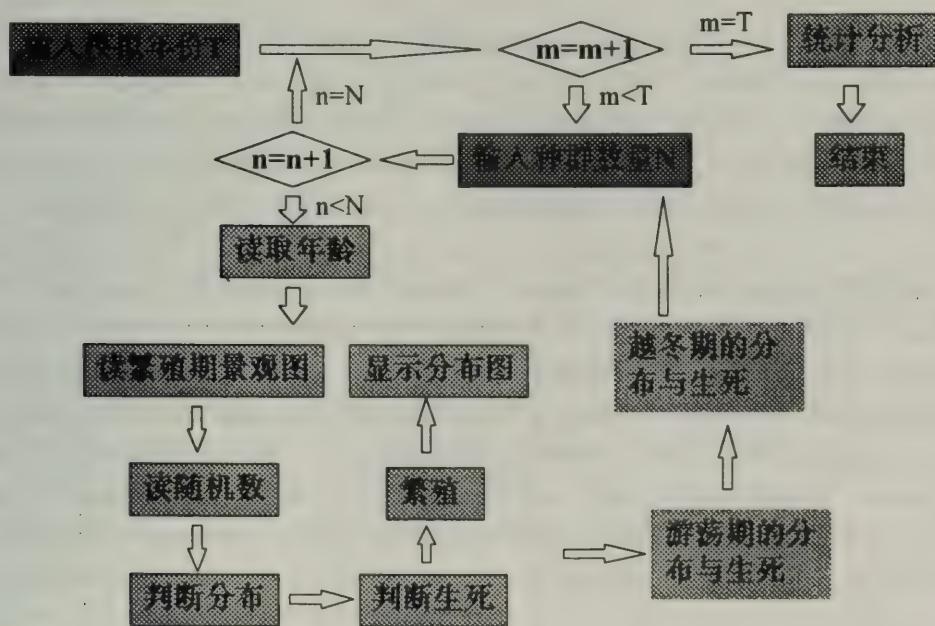


图 1 IBIS 的流程图

## 参 考 文 献

- 张先锋,王丁,王克雄.1994.旋涡模型及其在白暨豚种群管理中的应用.生物多样性.2(3):133-139  
李欣海,李典漠,路宝忠,翟庆天.1996.朱鹮种群生存力分析.生物多样性.4(2):69-77  
魏辅文,胡锦矗.1993.大熊猫种群生存力初步分析.成都国际大熊猫保护学术研讨会论文集  
成都动物园、成都大熊猫繁育研究基地编.成都:四川科学技术出版社,116-122  
Lacy, R. C. 1993. VORTEX: a computer simulation model for population viability analysis. *Wildl. Res.* 20:45-65  
Liu, J. 1992. ECOLECON: a spatially-explicit model for ecological economics of species conservation in complex forest land-

- scapes. Dissertation. University of Georgia, Athens, Georgia, USA
- Possingham, H. P. and I. Davies. 1995. ALEX: a model for the viability of spatially structured populations. *Biological Conservation*. 73: 143–150
- Pulliam, H. R., J. B. Dunning and J. Liu. 1992. Population dynamics in complex landscapes: a case study. *Ecological Applications*. 2: 165–177
- Shaffer, M. L. 1990. Population viability analysis. *Conservation Biology*. 4: 39–40
- Song, Y. 1996. Population viability analysis for two isolated populations of Haianan Eld's Deer. *Conservation Biology*. 10: 1467–1472
- Zhou, K., Ellis, S., Leatherwood, S., Bruford, M. and Seal, U. 1994. *Baiji population and habitat viability assessment report*. IUCN/SSC Captive Breeding Specialist Group. Apple Valley, MN, 1–252

## IBIS: A MODEL FOR SPATIAL POPULATION VIABILITY ANALYSIS FOR THE CRESTED IBIS (*NIPPOНИA NIPPON*)

*Li Xinhai, Li Dianmo*

(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

A new model for simulating the spatial population dynamics of the Crested Ibis (*Nipponia nippon*), IBIS, is introduced. IBIS is written by using Arc/Info Macro Language. It simulates the natality, mortality and migratory processes of the Crested Ibis on the basis of its real habitat, Yang County, Shanxi Province. IBIS is composed of three parts: 1. The habitat files. The vegetation map (consisting of 17 vegetation maps), topography map (from 200 m to 2600 m, the contour distance is 200 m), river (over 1700 stem and branch rivers) and reservoir (over 70 reservoirs) map, highway, railway and human residence region were digitized, and used as the landscape base for simulation. The seasonal alternation of the crop land and yearly growth of the forest are considered, namely, the landscape types are complex, and keep changing. Different landscape types have different fitness degrees for the Crested Ibis. 2. The module for simulating the natality, mortality and migratory processes of the Crested Ibis. In this module, each individual is simulated separately. The parameters, such as natality, mortality, etc., are determined by certain binary distribution, which is calculated from historical data. The migration is decided by the rule of life circle and territory behavior. The random disturbance can kill some individuals or lower the fitness of local habitat. 3. The module for statistics of the simulation results. IBIS can project the population dynamics in several decades or several hundred years for many times, and then summarize the mean values of annual population size, age structure, distribution pattern, preference coefficient to the habitat, and other variables. The results are showed by figures and tables.

**Key words:** The Crested Ibis, Population viability analysis, Arc/Info, Conservation biology, Simulation model

# 西藏珠穆朗玛自然保护区野生动物状况与保护

陈 耘 张林源

(北京麋鹿生态实验中心,北京 100076)

**摘要:** 通过1991年到1993年对珠峰自然保护区的考察,了解保护区内野生动物的状况,特别是雪豹、岩羊及野驴等哺乳动物的生存状况。经过野外调查和访问,共统计哺乳动物79种,其中食虫目7种、翼手目11种、灵长目3种、食肉目23种、奇蹄目1种、偶蹄目9种、啮齿目18种及兔形目和鼠兔7种,其中受保护的哺乳动物21种。通过入户调查,了解野生动物对农业生产的影响,主要包括农区野猪和灵长类对农作物的危害和雪豹等食肉动物对畜牧业的危害。雪豹等食肉动物对畜牧业的危害有限,可通过改变放牧方式解决;农区野猪和灵长类的危害较难解决。同时,牧区的承包政策往往造成过度放牧,直接影响草食动物的生存。提出珠峰保护区野生动物保护对策,建议设立针对野生动物的核心区及设立位置。

**关键词:** 西藏 野生动物 珠穆朗玛 保护区

在中国科学院植物研究所和西藏珠穆朗玛自然保护区的领导下,我们与美国高山研究所合作,于1991年至1993年,分别短期对珠峰自然保护区内野生动物进行了调查。这次调查的主要目的是了解珠峰保护区野生动物的状况,并对野生动物保护方法和措施提出意见。

## 1 自然环境

珠峰保护区位于西藏南部定日东部朋曲到吉隆附近的吉隆藏布之间,面积约35000 km<sup>2</sup>。调查地点在植被分类中分别属于锡金喜马拉雅热带季雨林区的樟木—卡达小区、加瓦尔(Garhwal)喜马拉雅季雨林区的吉隆小区,和藏南山原湖盆高山草原、灌丛区的定日—佩枯小区。在樟木—卡达小区中考察了樟木和卡达两地区,在吉隆小区考察了吉隆镇周围地区和贡当地区,在定日—佩枯小区考察了旧定日周围地区、珠峰地区和佩枯错及河谷地区。

樟木—卡达小区:位于珠穆朗玛峰的东西两侧,海拔较低(最低处海拔1600 m),降水量较大(樟木年降水量2800 mm左右),具有湿润、温暖气候。该地区主要经营林业。

吉隆小区:位于希夏邦马峰以南至国境线之间,气候较樟木—卡达小区干热。以林业为主,兼营农业。海拔2800 m以下可种两季青稞。

定日—佩枯小区:位于喜马拉雅山脉北麓,区内有珠穆朗玛峰、希夏邦马峰和卓奥友峰等8000 m以上的山峰。气候寒冷干燥。为半农半牧地区(中国科学院青藏高原综合科学考察队,1988)。

## 2 调查目的与方法

本次调查的目的在于了解珠穆朗玛保护区野生动物的状况,提出野生动物保护措施。

调查方法主要为实地考察和访问。对于有蹄动物主要为实地考察统计,对于其他动物以痕迹调查和访问调查同时进行。

### 2.1 访问调查

访问调查中,对于大型哺乳动物,采取让受访者辨认照片和图画的方法,效果较好。但对

于小型兽类，受访者经常在辨认照片和图片时出现误差。因此，不能直接观察到的小型动物，我们主要根据资料记载，考察其大的生存环境是否变化来确定该种是否出现。

对于野生动物对农业生产的影响，采取访问调查的方法，直接询问受访者。

表 1 珠峰保护区哺乳动物的种类

种类	调查情况	种类	调查情况
食虫目		小爪水獭 <i>Aonyx cinerea</i>	n1
长爪鼬 <i>Soriculus nigrescens</i>	n1	水獭 <i>Lutra lutra</i>	n1
长尾鼬 <i>Soriculus caudatus</i>	n1	小印度香猫 <i>Viverricula indica</i>	n2
<i>Suncus murinus</i>	n2	大印度香猫 <i>Viverra zibetha</i>	n2
<i>Suncus stoliczkanus</i>	n2	喜马拉雅香猫 <i>Paguma larvata</i>	n2
喜马拉雅水麝 <i>Chimmarrogale himalayica</i>	n1	奇蹄目	
蹊足鼬 <i>Nectigale elegans</i>	n1	野驴 <i>Equus kiang</i>	vl
<i>Telpa micurura</i>	n2	偶蹄目	
翼手目		野猪 <i>Sus scrofa</i>	i,m
果蝠 <i>Rousettus leschenaulti</i>	n1	喜马拉雅麝 <i>Moshus chrysogaster</i>	i
犬蝠 <i>Cynopterus sphinx</i>	n1	赤麂 <i>Muntiacus muntjak</i>	i
<i>Hipposideros armiger</i>	n2	藏原羚 <i>Procapra picticaudata</i>	vl
<i>Myotis siligorensis</i>	n2	斑羚 <i>Nemorhaedus goral</i>	i
喜马拉雅鼠耳蝠 <i>Myotis muricola</i>	n1	喜马拉雅塔尔羊 <i>Hemitragus jemlahicus</i>	i,vs
<i>Pipistrellus babu</i>	n2	岩羊 <i>Ovis ammon hodgsoni</i>	vl
<i>Nyctalus montanus</i>	n2	盘羊 <i>Ovis ammon hodgsoni</i>	i
<i>Eptesicus nilssoni</i>	n2	啮齿目	
<i>Eptesicus serotinus</i>	n2	喜马拉雅土拨鼠 <i>Marmota himalayana</i>	n2
<i>Plecotus auritus</i>	n2	豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>	i
<i>Rhinolophus rouxi</i>	n2	蓝腹松鼠 <i>Callosciurus pygerythrus</i>	n1
灵长目		明纹花松鼠 <i>Tamiops macclllandii</i>	n1
熊猴 <i>Macaca assamensis pelops</i>	i	橙腹长吻松鼠 <i>Dremomys lokriah</i>	n1
猕猴 <i>Macaca mullata</i>	i	丽鼯鼠 <i>Petaurista magnificus</i>	n1
长尾叶猴 <i>Presbytis entellus</i>	i	大鼯鼠 <i>Petaurista petaurista</i>	n1
食肉目		黄胸鼠 <i>Rattus flavipectus</i>	n1
狼 <i>Canis lupus chanco</i>	vl	大足鼠 <i>Rattus nitidus</i>	n1
赤狐 <i>Vulpes vulpes montana</i>	vl	黑家鼠 <i>Rattus rattus (rattooides)</i>	vl
藏狐 <i>Vulpes ferrilata</i>	vl	针毛鼠 <i>Rattus fulvescens</i>	n1
丛林猫 <i>Felis chaus affinis</i>	i	灰腹鼠 <i>Rattus eha</i>	n1
金猫 <i>Felis temmincki</i>	i	小家鼠 <i>Mus musculus</i>	n1
豹猫 <i>Felis bengalensis</i>	i	藏仓鼠 <i>Cricerulus kamensis</i>	vl
兔狲 <i>Felis manul</i>	i	斯氏高山䶄 <i>Alticola stoliczkanus</i>	n1
猞猁 <i>Lynx lynx</i>	vd	小林姬鼠 <i>Apodemus sylvaticus</i>	vl
金钱豹 <i>Panthera pardus</i>	i	松田鼠 <i>Pitymys leucurus</i>	n1
雪豹 <i>Panthera uncia</i>	i	锡金田鼠 <i>Pitymys sikimensis</i>	n1
云豹 <i>Neofelis nebulosa</i>	m,vs	兔形目	
棕熊 <i>Ursus arctos pruinosus</i>	i	灰鼠兔 <i>Ochotona roylei</i>	vl
黑熊 <i>Selenarctos thibetanus</i>	i	大耳鼠兔 <i>Ochotona macrotis</i>	n1
小熊猫 <i>Ailurus fulgens</i>	i	同颅鼠兔 <i>Ochotona cansus</i>	n1
青鼬 <i>Martes flavigula</i>	m?,n1	藏鼠兔 <i>Ochotona thibetana</i>	vl
香鼬 <i>Mustela altaica</i>	m?,n1	喜马拉雅鼠兔 <i>Ochotona himalayana</i>	vl
黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	m?,n1	黑唇鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>	vl
黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>	m?,n2	高原兔 <i>Lepus oistolus</i>	vl

注:n1:《西藏哺乳类》(中国科学院青藏高原综合科学考察队,1986)中记载;n2:其他文献记载(钱燕文、冯祚建,1974;钱燕文、冯祚建、马茱龄,1974;Bonhote,1905;Ellerman 和 Morrison-Scott,1951;Thomas 和 Hinton 1922);i:访问调查时受访者指认照片和图片并确认该地区有此动物;m:见到粪便、足迹和尿标记等痕迹;m?:见到粪便、足迹和尿标记等痕迹,但不能确定种;vl:观察到动物活体;vd:见到动物尸体(包括自然死亡和狩猎死亡);vs:见到动物皮张

## 2.2 实地调查

采用目视、望远镜和高倍望远镜(15~45 倍)搜索相结合,记录观察到的动物种类、数量(如可能,记录性别、年龄)及距离观察者、道路的距离等。

## 3 调查结果

### 3.1 保护区哺乳动物种类

在实地考察和访问调查的基础上,综合以往资料的记载,统计自然保护区内哺乳动物种类如表 1。

### 3.2 自然保护区内受中国和 CITES 保护的哺乳动物

自然保护区内受中国和 CITES 保护的哺乳动物见表 2。

表 2 珠峰自然保护区内受中国和 CITES 保护的哺乳动物

动物名	种 名	中国	CITES
黑熊	<i>Selenarctos thibetanus</i>		I
棕熊	<i>Ursus arctos</i>	2	I
狼	<i>Canis lupus</i>		
云豹	<i>Neofelis nebulosa</i>	1	I
雪豹	<i>Panthera uncia</i>	1	I
金钱豹	<i>Panthera pardus</i>	1	I
猞猁	<i>Lynx lynx</i>	2	II
豹猫	<i>Felis bengalensis</i>		II
金猫	<i>Felis temmincki</i>	2	I
丛林猫	<i>Felis chaus</i>		II
兔狲	<i>Felis manul</i>	2	II
水獭	<i>Lutrinae</i>	2	II
大印度香猫	<i>Viverra zibetha</i>	2	
小印度香猫	<i>Viverricula indica</i>	2	
小熊猫	<i>Ailurus fulgens</i>	2	II
熊猴	<i>Macaca assamensis</i>	1	I
猕猴	<i>Macaca mullata</i>	2	I
长尾叶猴	<i>Presbytis entellus</i>	1	I
喜马拉雅麝	<i>Moschus chrysogaster</i>	2	I
藏原羚	<i>Procapra picticaudata</i>	1	I
岩羊	<i>Pseudois nayaur</i>	2	
盘羊	<i>Ovis ammon</i>	2	I
斑羚	<i>Nemorhaedus goral</i>	2	I
野驴	<i>Equus kiang</i>	1	I

注:1:受中国野生动物保护法保护的一级保护动物;2:受中国野生动物保护法保护的二级保护动物;I:《濒危动植物国际贸易公约》附录 I 规定的保护动物,严禁进出口贸易;II:《濒危动植物国际贸易公约》附录 II 规定的保护动物,控制进出口贸易

## 4 自然保护区内部分大型野生哺乳动物生存状况

### 4.1 野驴(*Equus kiang*)

对野驴的调查主要在旧定日、佩枯错及其附近河谷地带进行。调查中观察到野驴种群中

个体数量 1~22 只,平均约 10 只;野驴出没地带平均海拔 4700 m;野驴最小密度 1~2 只/10 km<sup>2</sup>;野驴主要出现在佩枯错周围和旧定日附近。就调查结果来看,野驴在近代数量曾急剧减少,但目前野驴在保护区内的生存状况较好。保护区内,野驴和放牧羊群共用草场,基本不存在狩猎的现象。但野驴出没地区,由于过度放牧,草场退化较严重,影响野驴种群的数量。

#### 4.2 藏原羚 (*Procapra picticaudata*)

对藏原羚的调查主要在旧定日、佩枯错及其附近河谷地带进行。调查中观察到藏原羚种群中个体数量 1~20 只,平均约 7 只;藏原羚出没地带平均海拔 4700 m;藏原羚最小密度 1 只/10 km<sup>2</sup> 左右。总的来说,藏原羚与野驴使用同样的采食环境,情况与前述野驴的状况极为相似。

#### 4.3 岩羊 (*Pseudois nayaur*)

对岩羊的调查主要在珠峰的绒布寺和登山大本营及定日县的强当日乌山谷进行。调查中观察到岩羊种群中个体数量 3~24 只,平均约 10 只;岩羊出没地带平均海拔 4200 m。由于严格限制狩猎,保护区内岩羊生存状况良好,特别是在定日的珠峰大本营附近和强当日乌山谷内,有生长繁育良好的岩羊种群。

#### 4.4 盘羊 (*Ovis smmon*)

调查中未见到盘羊,访问中受访者可以指认盘羊,说明保护区内存在盘羊,但数量很少、密度极小,这与整个西藏盘羊数量很少、密度很小的情况相同。

#### 4.5 喜马拉雅麝 (*Moschus chrysogaster*)

调查中未见到喜马拉雅麝,但根据访问调查,喜马拉雅麝有相当数量存在。对喜马拉雅麝主要的威胁来自狩猎,特别是在边境地区,越境狩猎非常猖獗。偷猎者往往在猎具上放置咒符,使信奉佛教的保护区管理人员难于处置。在拉萨黑市上亦可见到麝香交易。

#### 4.6 雪豹 (*Panthera uncia*)

对雪豹的调查主要在珠峰绒布寺、吉隆县的贡当和定日县的强当日乌进行。在保护区内,雪豹所受到的威胁可能仅次于喜马拉雅麝,其中有两点原因:首先,雪豹的皮张和骨骼(药用)可出售获利,在部分地区可见雪豹交易;其次,放牧者认为雪豹是其羊群损失的主要原因,有时以非获利目的捕杀,甚至使用毒药毒杀雪豹。

#### 4.7 金钱豹 (*Panthera pardus*)

调查中,在樟木附近曾见到被金钱豹捕杀的家牛。对金钱豹的威胁也来自狩猎,其原因与猎杀雪豹相似,但金钱豹交易不如雪豹获利多。

#### 4.8 狼 (*Canis lupus*)

由于狼在中国未列入保护范围,所以对狼的狩猎不受限制。但由于无限制的狩猎,狼的数量急剧下降。保护区内狼的数量较少,应列为保护动物。

### 5 野生动物对农业生产的损害和对策及建立核心区建议

保护区内,野生动物对农业生产的损害主要有以下几方面:

#### 5.1 雪豹对畜牧业的损害

雪豹对畜牧业的损害主要在于普遍认为的雪豹捕杀家羊的问题,这被认为是除狼以外,雪豹是食肉动物最大的危害。但据调查,雪豹捕杀对于羊群造成的危害没有想象的大,很大部分羊群的损失来自天气、疾病、羊失足落下山涧和狼的捕杀,非食肉动物捕食造成的损失约占 70%。雪豹有时可能集中捕杀很多羊(曾有人报告雪豹一次捕杀 107 头羊),但在实际损失中

所占的比例较少,约10%。对雪豹的误解往往导致对雪豹的捕杀。

对策:为防止雪豹一次捕杀大量羊,应由保护区指导,在放牧地区建立较好的羊舍;同时,建议由保护区推广使用牧羊犬放牧,这样可以有效地减少雪豹、狼等食肉动物对畜牧业的损害。

### 5.2 野猪和熊对种植业的损害

在吉隆等地,野猪和熊对农作物的损害较大。由野猪和熊造成的农业损失占全年产量的11%(平均)左右;年家庭平均损失211元左右。损失较大的农田大多位于距野猪和熊隐蔽地较近的地块,最高损失率可达22%。在这种损害中,野猪造成的损失大于80%。

对策:由于野猪造成的损失较大,且是损害的主要来源,因此应着重解决。野猪不在保护名录上,因此可以适当捕杀。每年应在保护区指导下,发放狩猎证,适当捕杀野猪。同时可在农田周围建设石块构成的围墙(野猪危害地区农田地块均较小),在调查中,有围墙的地块损失很小,是一种有效的保护方法。

### 5.3 灵长类动物对农作物的损害

灵长类动物对农作物有危害,但这种危害较小,可由保护区做适当补偿。

### 5.4 保护区核心区建议

在保护区内很难找出可以绝对保护的地区,因为绝大多数地区都有人类活动。在几个地区有较好的保护条件和适当的动物数量,如吉隆县的吉隆镇(长尾叶猴等)、贡当(岩羊和雪豹),定日县的珠峰—绒布寺地区(岩羊和雪豹)、陈塘地区、佩枯错地区(野驴)等。吉隆县的樟木地区可以成为较好的核心区,但首先要解决樟木镇的统一领导问题。

## 6 野驴、藏原羚等与畜牧业争夺草场的问题

野驴和藏原羚出没地区多为良好的放牧草场,但由于两种动物的数量相对家畜种群数量来说较少,对草场基本不存在危害。实际上,是过度放牧造成草场退化而威胁野驴和藏原羚的生存。

在当前农村政策下,限制畜牧业发展是不现实的。因此,解决这一问题的办法在于提高草场利用率。如建立草场围栏,实行轮牧制。在调查中已见到草场围栏(数量很少),围栏中的产草量大大高于围栏外。建立围栏时,畜牧业可充分利用道路两侧约3km的地带,因为据调查,野驴和藏原羚的活动区域平均在离道路2.5km以外的地区。同时,应较集中地建立牧民的宿营地,因为据调查,野驴和藏原羚一般在距牧民帐篷7km以外活动,如牧民帐篷建立得分散,就会压缩野驴的生存空间。

感谢:特别感谢中国科学院植物研究所的李渤生老师给我们这一难得的考察机会;感谢美国高山研究所的动物学家Rodney Jackson先生的指导

### 参 考 文 献

- 钱燕文,冯祚建.1974.珠穆朗玛峰地区鸟类和哺乳类的研究资料.珠穆朗玛峰地区科学考察报告一生物与高山生理.北京:科学出版社,55-74
- 钱燕文,冯祚建,马莱龄.1974.珠穆朗玛峰地区鸟类和哺乳类的区系调查.珠穆朗玛峰地区科学考察报告一生物与高山生理.北京:科学出版社,1-23
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队.1986.西藏哺乳类.北京:科学出版社,63-397
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队.1988.西藏植被.北京:科学出版社,251-331

- Bonhote, J. L. 1905. On a collection of mammals brought home by the Tibet frontier commission. *Proc. Zool. Soc.* 2:302–308
- Ellerman, J. R. and T. C. S. Morrison-Scott. 1951. Checklist of palaearctic and Indian mammals. London: British Museum [Nat. Hist.]
- Thomas, O. and A. C. Hinton. 1922. The mammals of the 1921 Mount Everest expedition. *Ann. Mag. Nat.* 9 (9):178–186

## STATUS AND PROTECTION OF WILDLIFE IN THE QUMULONGMA NATURE RESERVE, TIBET

Chen Yun, Zhang Linyuan

(Beijing Milu Ecological Research Centre, Nanhaiizi, Nan Yuan, Beijing 100076)

From 1991 to 1993, a survey was conducted to reveal the present status of the wildlife, particularly the snow leopards, the blue sheep and the wild donkeys, in the Qumulongma Nature Reserve. Based on field investigations and interviews with the local people, 79 species have been recorded, including 7 in Insectivora, 11 in Chiroptera, 3 in Primates, 23 in Carnivora, 1 in Perissodactyla, 9 in Artiodactyla, 18 in Rodentia and 7 in Lagomorpha. Among them, 21 species have been under protection. In order to know their harm to crops and domesticated animals, the local people from different families were interviewed. It is found that the harm of the snow leopards to crops was quite limited while that of the wild pigs was rather serious. It is also found that over-grazing has brought about threats to the existence of the herbivorous animals. Some suggestions, such as that to establish a core area of wildlife protection, were proposed for a more effective conservation of the wildlife in this reserve.

**Key words:** Tibet, Wildlife, Qumulongma Nature Reserve (QNR)

## 北京东灵山地区地表大型真菌群落组成

黄永青 刘晓娟 黄亦存

(中国科学院微生物研究所,北京 100080)

**摘要** 经过将近5年对北京东灵山地区暖温带落叶阔叶林的地表大型真菌的系统调查,共采集标本近万份。共鉴定出地表大型担子菌和子囊菌49科,101属,329种。其中,能和树木形成外生菌根的真菌共计29属150种,占该地区已知种的地表大型真菌总数的45.5%。这些外生菌根真菌种类多集中在*Russula*、*Cortinarius*、*Inocybe*、*Tricholoma*、*Lycoperdon*、*Suillus*、*Gastrum*、*Hygrophorus*、*Calvatia*、*Lactarius*、*Boletus*、*Clavaria*、*Ramaria*和*Thelephora*等属之中。辽东栎成熟林中有地表大型真菌58属130种,其中外生菌根真菌66种,占地表大型真菌总数的50.8%。辽东栎中龄林中有地表大型真菌51属132种,其中外生菌根真菌64种,占48.5%。落叶阔叶混交林中有地表大型真菌53属138种,外生菌根真菌67种,占48.6%。华北落叶松人工林中有地表大型真菌64属158种,其中外生菌根真菌68种,占43.0%。油松人工林中有地表大型真菌40属91种,其中外生菌根真菌39种,占42.9%。

**主题词:** 大型真菌 群落组成 暖温带 落叶阔叶林

地表大型真菌主要包括那些与植物形成菌根的和参与凋落物分解的多数担子菌和部分子囊菌。它们是森林生态系统的重要组成部分,是维系森林生态系统中物质循环和能量流动的重要环节,也是影响森林群落演替和更新的重要因子之一。其中的菌根真菌不仅能够促进植物的生长、提高林木造林的存活率及抗逆性能,还能够调节植物群落中个体植物间的养分、水分的吸收与交换,特别是它们还能影响植物对C、N、P、S和一些微量元素的吸收与利用。而那些地表腐生真菌则控制着森林凋落物的分解速率以及分解状况。因此,了解与掌握森林生态系统中真菌群落的组成是充分认识森林生态系统的组成与结构的重要内容之一,也是认识真菌多样性的生态系统功能的前提,为生态系统的恢复与重建提供基础性的科学信息。

开展本研究的地区是生物多样性破坏较为严重的华北区,本文报告的是暖温带落叶阔叶林地表大型真菌群落多样性及其动态研究的一部分,是1993~1997年的5年间对东灵山地区暖温带落叶阔叶林中地表大型真菌的区系组成的固定样地和临时样带的调查结果。至今尚无有关该地区地表大型真菌的报道。

### 1. 研究方法

#### 1.1 研究地概况

东灵山地区是太行山山脉的北段、小五台山的余脉,位于北京市门头沟区,115°26'E, 39°58'N, 海拔高从400 m~2303 m。该区属于暖温带半湿润~半干旱季风气候。年平均气温2~7℃, >0℃年积温2300~3600℃;年日照2600 h;年降水500 mm左右,且多集中在6~8月,约占年降水的75%;无霜期160 d以下。该区的土壤以山地棕壤、亚高山草甸土和褐土为主。该区自然景观丰富,植被类型多样(有5个植被型、29个群系)(马克平等,1995),既有恢复较好的辽东栎纯林、以辽东栎为主的落叶阔叶混交林,也有处于次生演替中的多种类型的次

生灌丛,以及亚高山草甸,还有较大面积人为恢复的华北落叶松人工林和我国特有树种油松人工林等。

### 1.2 样地调查

采用固定样地和临时样地相结合,选取3个植被型的4群系进行不同植被群落中地表大型真菌组成的调查。设置5块固定样地:(1)落叶阔叶林—辽东栎成熟林(50 m×30 m);(2)落叶阔叶林—辽东栎中龄林(100 m×20 m);(3)落叶阔叶混交林(50 m×40 m);(4)寒温性针叶林—华北落叶松人工林(50 m×50 m);(5)温性针叶林—油松人工(70 m×15 m)。

由于地表大型真菌子实体出现的季节性很强,因此,每年6月下旬开始至10月上旬每隔10~15 d 调查一次,如遇雨天则雨后次日补充调查一次,调查时进行详细标本采集记录。为弥补固定样地不能够反映所有林型的缺憾,则在固定样地观测的间歇期间进行临时样地的调查工作,以便对该地区地表大型真菌的物种多样性有更全面的了解。临时样地选取固定样地以外具有代表性的植被类型,采用典型抽样样带法进行调查,一般样带为5 m×40 m~10 m×50 m。

### 1.3 标本的鉴定与保藏

将所有固定和临时样地的标本以及踏查的标本汇总,每次调查结束后的当日及时进行标本的详细描述和鉴定,并且进行标本烘干处理。鉴定所用工具书主要参考邓叔群(1963)、Kibby(1979)、Phillips(1981)、应建浙等(1982, 1987, 1994a, 1994b)、Singer(1986)、Bon(1987)、中国科学院微生物研究所真菌组(1988)和 Hawksworth 等(1995)等。全年调查工作结束后,将本研究中采到的所有标本再与中国科学院微生物研究所的真菌标本馆(HMAS)馆藏同类标本进行比较核定,核定后的标本保藏于 HMAS。

外生菌根真菌的确定主要根据 Trappe(1962)、Dennis(1986),以及 Hawksworth 等(1995)所涉及的文献。

## 2. 结果与分析

经过1993年8月~1997年10月的将近5年对北京东灵山地区的地表大型真菌的系统调查,共采集标本近万份。现已经鉴定出的标本分属于两个亚门,即担子菌亚门(Basidiomycotina)和子囊菌亚门(Ascomycotina),共有49科,101属,329种。另外,还采集到了黏菌1科1属1种—发网(*Stemonitis splendens* Rost.)。还有将近50个形态分类单元的200余份疑难标本尚未鉴定。

其中,能和树木形成外生菌根的真菌共计29属150种,占该地区已知种的地表大型真菌总数的45.5%(见表1)。这29个属的外生菌根真菌,其种类多集中在*Russula*(25种)、*Corticarius*(19种)、*Inocybe*(17种)、*Tricholoma*(12种)、*Helvella*(10种)等5个属之中。另外,*Lycoperdon* 和 *Suillus* 两个属各8个种, *Gastrum* 属6个种, *Hygrophorus* 有5种, *Calvatia* 和 *Lactarius* 两属各4个种。*Boletus*, *Clavaria*, *Ramaria*, *Thelephora* 等4属中各有3个种, *Amanita*, *Clavulina*, *Hebeloma*, *Laccaria*, *Leccinum* 和 *Scleroderma* 等6个属各有2种外生菌根真菌,而 *Chroogomphus*, *Clavariadelphus*, *Leptopodia*, *Macrocyphus*, *Mutinus*, *Paxillus*, *Tuber* 和 *Xerocomus* 等属则各有一种外生菌根真菌。

在1995年6月~1997年10月期间的3个生长季节中,进行了5块固定样地的长期连续观测,共鉴定地表大型真菌标本7200余份,基本掌握了在这5种林型中的地表大型真菌群落的物种组成。在固定样地以外的其它森林植被中,经过设置临时样地和踏查,共获得地表大型

真菌 48 属 93 种。其中外生菌根真菌 46 种,占该部分地表大型真菌总数的 49.5%。主要代表类群是 *Hygrophorus* spp., *Laccaria* spp., *Amanita* spp., *Inocybe* spp., *Lactarius* spp., *Russula* spp., *Suillus* spp., *Lycoperdon* spp., *Tricholoma* spp., *Paxillus* spp., *Leccinum* spp.。另外,还发现了一种块菌 (*Tuber* sp.)。以下分别描述了 5 个固定样地的地表大型真菌群落的组成情况及其特点。

#### 辽宁栎成熟林:

辽宁栎成熟林中有地表大型真菌 58 属 130 种。其中外生菌根真菌 66 种,占地表大型真菌总数的 50.8%。外生菌根真菌以 *Cortinarius collinitus*, *C. glutinosus*, *C. subferrugineus*, *C. spp.*, *Hygrophorus eburneus*, *Inocybe* spp., *Russula aeruginea*, *R. spp.*, *Leccinum scabrum* 等为主要代表类群。

#### 辽宁栎中龄林:

辽宁栎中龄林中有地表大型真菌 51 属 132 种。其中外生菌根真菌 64 种,占地表大型真菌总数的 48.5%。外生菌根真菌以 *Cortinarius glutinosus*, *C. sublanatus*, *C. collinitus*, *C. spp.*, *Hygrophorus eburneus*, *Inocybe bongardii*, *I. spp.*, *Lactarius* spp., *Russula adusta*, *R. aeruginea*, *R. spp.*, *Leccinum scabrum* 等为主要代表类群。

#### 落叶阔叶混交林:

落叶阔叶混交林中有地表大型真菌 53 属 138 种。其中外生菌根真菌 67 种,占地表大型真菌总数的 48.6%。外生菌根真菌以 *Cortinarius subferrugineus*, *C. glutinosus*, *C. collinitus*, *C. spp.*, *Hygrophorus eburneus*, *Inocybe calamistrata*, *I. corydalina*, *I. spp.*, *Russula aeruginea*, *R. spp.*, *Leccinum scabrum*, *Boletus luridus* 等为主要代表类群。

#### 华北落叶松人工林:

华北落叶松人工林中有地表大型真菌 64 属 158 种。其中外生菌根真菌 68 种,占地表大型真菌总数的 43.0%。外生菌根真菌以 *Gastrum tripes*, *G. spp.*, *Inocybe* spp., *Thelephora radiata*, *T. multipartita*, *Hygrophorus russula*, *Laccaria amethystea*, *L. laccata*, *Lycoperdon pyriforme*, *Chroogomphus rutilus*, *Paxillus involutus*, *Russula* spp. 等为主要代表类群。另外,在该林型中也发现有 *Tricholoma terreum* 和 *Xerocomus subtomentosus* 等重要外生菌根真菌。

#### 油松人工林:

油松人工林中有地表大型真菌 40 属 91 种。其中外生菌根真菌 39 种,占地表大型真菌总数的 42.9%。在该人工林中,林地的坡向对林中的外生菌根真菌类群的组成影响比较明显。在阳坡上的油松人工林中的外生菌根真菌主要是以 *Suillus granulatus*, *S. grevillei*, *S. luteus* 和 *Chroogomphus rutilus* 占优势,而阴坡油松人工林中则是以 *Tricholoma terreum* 占绝对优势。

表 1 东灵山地区不同植被下地表大型真菌群落的物种组成

真菌名称	辽宁栎 成熟林	辽宁栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Agaricus comtulus</i>						+
<i>Agaricus fissurata</i>						+
<i>Agaricus placomyces</i>		+	+	+		+
<i>Agaricus praeclaresquamosus</i>					+	+++

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Agaricus silvicola</i>			+		+	+
<i>Agaricus</i> sp.	+		+		+	+
<i>Agrocybe pediades</i>						+
<i>Agrocybe praecox</i>			+			+
<i>Amanita fulva</i> *						+
<i>Amanita pantherina</i> *	+	+	+			+
<i>Armillaria mellea</i>	+	+	+++	+	+	
<i>Boletus luridus</i> *						+
<i>Boletus</i> sp. 1 *				+		+
<i>Boletus</i> sp. 2 *	+					
<i>Calvatia craniiformis</i> *			+			
<i>Calvatia excipuliformis</i> *				+		+
<i>Calvatia saccata</i> *			+			
<i>Calvatia</i> sp. *			+			
<i>Cerrena unicolor</i>					+	
<i>Chlorosplenium aerugianscens</i>	+					
<i>Chroogomphus rutilus</i> *				+		
<i>Clathrus javanicus</i>						+
<i>Clavaria pistillaris</i> *	+					+
<i>Clavaria</i> sp. *						+
<i>Clavaria vermicularis</i> *				+		
<i>Clavariadelphus ligula</i> *	+					
<i>Clavulinina rugosa</i> *				+		
<i>Clavulinina</i> sp. *				+		
<i>Clitocybe catina</i>				+		+
<i>Clitocybe dealbata</i>			+	+		+
<i>Clitocybe erioetorum</i>				+		
<i>Clitocybe fragrans</i>	+	+	+++	+++		+
<i>Clitocybe gibba</i>	+		++	+		+
<i>Clitocybe hydrogramma</i>						+
<i>Clitocybe infundibuliformis</i>	+		++	+		+
<i>Clitocybe nebularis</i>				+		+
<i>Clitocybe phyllophila</i>				+		
<i>Clitocybe pusmus</i>				+		
<i>Clitocybe sinopica</i>				+		

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Clitocybe sinopicoidea</i>	.		+		++	++
<i>Clitocybe</i> sp. 1		++	++	+	+	
<i>Clitocybe</i> sp. 2	+		++	++	+	
<i>Clitocybe sublunatus</i>						+
<i>Collybia acervata</i>			+			+
<i>Collybia butyracea</i>		+				+
<i>Collybia confluens</i>			+++	+	++	+
<i>Collybia distorta</i>				+		
<i>Collybia dryophila</i>	++	++	+++	+++	+	
<i>Collybia erythropus</i>	+	+	+	+		
<i>Collybia kuehneriana</i>				+		
<i>Collybia maculata</i>						+
<i>Collybia obscura</i>			+	+		++
<i>Collybia</i> sp. 1	+	+	+	+	+	
<i>Collybia</i> sp. 2		+	+	+	+	
<i>Collybia turatum</i>		+				
<i>Conocybe filaris</i>			+			
<i>Conocybe subovalis</i>	+					
<i>Coprinus clavatus</i>		+	+		+	+
<i>Coprinus disseminatus</i>		+				
<i>Coprinus micaceus</i>	+	+	+	+	+	
<i>Coprinusspp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Coriolus versicolor</i>	+	+	+	+		
<i>Cortinarius arguatus</i> *						+
<i>Cortinarius cinnamomeus</i> *	+		+	+		
<i>Cortinarius collinitus</i> *	+++	+	+	+	+	
<i>Cortinarius delibutus</i> *		+				
<i>Cortinarius gentilis</i> *			+			
<i>Cortinarius glutinosus</i> *	++	++				+
<i>Cortinarius hemitrichus</i> *	+					
<i>Cortinarius paleaceus</i> *	+					
<i>Cortinarius pholideus</i> *		+				
<i>Cortinarius saniosus</i> *						+
<i>Cortinarius semisanguineus</i> *	+	+	+	+	+	+
<i>Cortinarius</i> sp. 1*	+++	+++	+	+	++	

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Cortinarius</i> sp. 2°	+++	++	+	+	+++	
<i>Cortinarius subferrugineus</i> °	++	+	+	+	++	+
<i>Cortinarius subfulgens</i> °	+					
<i>Cortinarius sublanatus</i> °	+	++				+
<i>Cortinarius subtabularis</i> °	+	+				
<i>Cortinarius varius</i> °						+
<i>Cortinarius violaceus</i> °					+	
<i>Cotyldia diaphana</i>					+	
<i>Crepidotus fulrotomentosus</i>	+					
<i>Crepidotus herbarum</i>	+		+			
<i>Crepidotus malachius</i>	+					
<i>Crepidotus norbarum</i>			++			
<i>Crepidotus variabilis</i>	+		+			+
<i>Cystoderma granulosum</i>						+
<i>Daedalea dickinsii</i>	+	+	+			
<i>Daldinia concentrica</i>				+		
<i>Entoloma hirtipes</i>		+				
<i>Entoloma</i> sp.		+	+			
<i>Flammulina velutipes</i>						+
<i>Fomes</i> <i>formentarius</i>	+					
<i>Fomes</i> sp. 1					+	
<i>Fomes</i> sp. 2					+	
<i>Funalia gallica</i>	+	+	+			+
<i>Gastrum minus</i> °	+	+	+	+	+	+
<i>Gastrum pyrigomis</i> °	+					
<i>Gastrum</i> sp. 1°	+	+	+++	+		++
<i>Gastrum</i> sp. 2°	+		+	+		++
<i>Gastrum</i> <i>triplex</i> °	+	+	+++	+		++
<i>Gasturm saccatum</i> °	+		+			
<i>Gloeophyllum sepiarium</i>						+
<i>Hebeloma fastibile</i> °	+		+			
<i>Hebeloma sinapizane</i> °		+				
<i>Helvella acetabulum</i> °	+		+	+		+
<i>Helvella atra</i> °	+			+		

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Helvella clastis</i> *				+		
<i>Helvella crispa</i> *	++	+	++	+	++	
<i>Helveila elastica</i> *	+	++	+	+	+	
<i>Helvella lacunosa</i> *	+					
<i>Helvella pulla</i> *					+	
<i>Helvella</i> sp. 1 *	+			+	+	
<i>Helvella</i> sp. 2 *	+	+	+	+	+	
<i>Helvella vulgебурнеus</i> *		+				
<i>Hemimycena delicatella</i>	+				+	
<i>Hirschioporus</i> sp.	+					
<i>Hydnus</i> sp.		+				
<i>Hygrophorus eburneus</i> *	++	++			++	
<i>Hygrophorus russula</i> *		+	+			++
<i>Hygrophorus</i> sp. 1 *						+
<i>Hygrophorus</i> sp. 2 *	+	+			++	
<i>Hygrophorus</i> sp. 3 *			+			
<i>Hypholoma appendiculatum</i>	+	++	+	+	+	
<i>Hypholoma</i> sp. 1		+				
<i>Hypholoma</i> sp. 2			+	+	+	
<i>Inocybe bongardii</i> *		+	+			
<i>Inocybe calamistrata</i> *					+	
<i>Inocybe corydalina</i> *					+	+
<i>Inocybe fastigiata</i> *	+		+		+	+
<i>Inocybe flavobrunnea</i> *						+
<i>Inocybe geophylla</i> *	+		+	+		+
<i>Inocybe geophylla</i> var. <i>lilacina</i> *	+	+	+	+		
<i>Inocybe grisedilacina</i> *						+
<i>Inocybe hystrix</i> *	+					
<i>Inocybe lacera</i> *					+	
<i>Inocybe loliace</i> *					+	
<i>Inocybe patouillardii</i> *	+	+				
<i>Inocybe pyriodora</i> *	+					
<i>Inocybe radiata</i> *			+		+	
<i>Inocybe</i> sp. 1 *	++	+++	+	+	+++	

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Inocybe</i> sp. 2°	++	++	++	++	++	
<i>Inocybe umbrinella</i> °		+	+	+		
<i>Inonotus radiatus</i>	+					+
<i>Kuehneromyces mutabilis</i>						+
<i>Laccaria amethystea</i> °		+	+			+
<i>Laccaria laccata</i> °	+	+	+	+	+	++
<i>Lactarius deliciosus</i> °			+			+
<i>Lactarius</i> sp. 1°						+
<i>Lactarius</i> sp. 2°	+	+			+	
<i>Lactarius</i> sp. 3°		+			+	
<i>Laetiporus sulphureus</i>	+					+
<i>Leccinum insigne</i> °						+
<i>Leccinum scabrum</i> °	+	++	+	+	+	+
<i>Leccinum subglabripes</i> °						+
<i>Lentinus fulvus</i>					+	+
<i>Leotia lubrica</i>	++	+				+
<i>Lepiota adulterina</i>		+				
<i>Lepiota clypeolaria</i>			+			
<i>Lepiota felina</i>						+
<i>Lepiota fulvella</i>					+	+
<i>Lepiota helveola</i>				+	+	
<i>Lepiota pseudohelvola</i>	+	+				
<i>Lepiota</i> sp. 1				+	+	+
<i>Lepiota</i> sp. 2	+	+	+	+	+	+
<i>Lepista glaucocephala</i>				+		
<i>Lepista luscina</i>				+		
<i>Lepista nuda</i>				+	+	
<i>Lepista panaeolus</i>	+			+		++
<i>Lepista sordida</i>		++	++			
<i>Lepista</i> sp.		+				+
<i>Leptopodia atra</i> °	+					
<i>Leucoagaricus japonicus</i>	+	+	+		+	
<i>Leucocoprinus brebissonii</i>	+	+	+		+	
<i>Lycoperdon echinatum</i> °					+	

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Lycoperdon perlatum</i> *	+	+	++		++	+
<i>Lycoperdon fuligineum</i> *		+			+	
<i>Lycoperdon pusillum</i> *					+	+
<i>Lycoperdon pyriforme</i> *	+	+	+			
<i>Lycoperdon</i> sp. 1 *	+	+	++		+	
<i>Lycoperdon</i> sp. 2 *	+	+	+		+	
<i>Lycoperdon umbrinum</i> *	+	+				
<i>Lyophyllum connatum</i>			+			
<i>Lyophyllum decastes</i>			+			
<i>Lyophyllum semitale</i>					+	
<i>Lyophyllum</i> sp.			+		+	
<i>Macrocyphus</i> sp. *					+	
<i>Marasmiellus candidus</i>			+++	+	++	
<i>Marasmius alliaceus</i>	+	+				
<i>Marasmius chordalis</i>		+		++	+	
<i>Marasmius maximus</i>	+	+	++++	++++	+	
<i>Marasmius oreades</i>	+	+	+	++	+	+++
<i>Marasmius pulcherripes</i>			+	+		
<i>Marasmius siccus</i>	+++	++++	+++	+++	++++	++++
<i>Marasmius</i> sp.	++	+	+++	+++	+++	
<i>Marasmius undatus</i>	+					
<i>Melanogaster ambiguus</i>			+			
<i>Melanoleuca arcuata</i>						+
<i>Melanoleuca melaleuca</i>	+		++			+
<i>Melanoleuca</i> sp.	+		+	+		
<i>Melanoleuca strictipes</i>			+			+
<i>Microstoma floccosa</i>			++			
<i>Mutinus caninus</i> *				+		
<i>Mycena alcalina</i>			+			
<i>Mycena galericulata</i>			+			+
<i>Mycena grammata</i>				+		
<i>Mycena inclinata</i>					+	
<i>Mycena polygramma</i>	+	+	+			+
<i>Mycena pura</i>	+	++	+++	+++	+++	+++
<i>Mycena</i> sp. 1		+	++	+	++	

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Myxena</i> sp. 2	+	+				
<i>Myxena</i> sp. 3	+	++	+++	+	++	
<i>Naematoloma fasciculare</i>		+				
<i>Nothopanus porrigenus</i>					+	
<i>Omphalina</i> sp.		+	+	+	+	
<i>Otidea cochleata</i>						+
<i>Panaeolus campanulatus</i>					+	
<i>Panaeolus papilionaceus</i>						+
<i>Panaeolus speciosus</i>		+				
<i>Panaeolus sphinctrinus</i>						+
<i>Panellus stypticus</i>	+	+	+			
<i>Panus conchatus</i>		+				
<i>Panus fulvus</i>	+					
<i>Paxillus involutus</i> °				+	+	+
<i>Peziza cerea</i>	+	+	+	+	+	
<i>Peziza</i> spp.	++	++	++	++	++	++
<i>Peziza vesiculosus</i>	+	+	+	+	+	
<i>Peziza violacea</i>		+				
<i>Phallus rubicundus</i>						+
<i>Phellinus igniarius</i>					+	+
<i>Pholiota adiposa</i>					+	
<i>Pholiota alnicola</i>					+	
<i>Pholiota squarrosa</i>				+		
<i>Phyllotopsis nidulans</i>	+				+	
<i>Pleurotus ligustrilis</i>					+	
<i>Pleurotus nidulaeus</i>	+					+
<i>Pleurotus</i> sp.	+			+		
<i>Pluteus cervinus</i>	+				+	+
<i>Pluteus</i> sp.	+					+
<i>Polyporellus varius</i>	+				+	+
<i>Polyporus brumalis</i>	+	+	+			
<i>Polyporus elegans</i>	+	+	+			
<i>Polyporus</i> sp. 1		+				+
<i>Polyporus</i> sp. 2	+	+	+			
<i>Polyporus squamosus</i>	+	+	+			+

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Poria</i> sp.			+			
<i>Psathyrella cadolleana</i>			+			
<i>Psathyrella</i> sp.		+				
<i>Pseudotrametes gibbosa</i>	+					
<i>Pseudotremates</i> sp.		+				
<i>Psilocybe</i> sp.			+			
<i>Pterula penicillata</i>			++		+	+
<i>Pycnoporus cinnabarius</i>		+				
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	+					
<i>Ramaria apiculata</i> *			+			+
<i>Ramaria</i> sp.*		+			+	
<i>Ramaria stricta</i> *			+			
<i>Rhodophyllus rhodopolius</i>		+				
<i>Rhodophyllus</i> sp.	+					
<i>Russula adusta</i> *		+				
<i>Russula aeruginea</i> *	++	+			+	
<i>Russula alutacea</i> *					+	
<i>Russula aquosa</i> *	+	+				+
<i>Russula atropurpurea</i> *					+	
<i>Russula cyanozantha</i> *						+
<i>Russula delica</i> *						+
<i>Russula fellea</i> *	+					+
<i>Russula foetens</i> *			+		+	
<i>Russula furcata</i> *	+					
<i>Russula gracillima</i> *						+
<i>Russula grisea</i> *			+			
<i>Russula lepida</i> *	+	+			+	
<i>Russula nigricans</i> *	+					
<i>Russula nitida</i> *						+
<i>Russula ochroleuca</i> *	+					
<i>Russula paludosa</i> *						+
<i>Russula pectinata</i> *					+	
<i>Russula rosea</i> *						+
<i>Russula sororia</i> *		+				
<i>Russula</i> sp. 1*	++	+	+	+	+	

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Russula</i> sp. 2°	++	++	+		+	
<i>Russula turci</i> *					+	+
<i>Russula virescens</i> *		+				
<i>Russula xerampelina</i> *		+				+
<i>Schizophyllum commune</i>	+	+	+		+	++
<i>Scleroderma areolatum</i> *	++				+	
<i>Scleroderma</i> sp. *	+		+		+	
<i>Sparassis crispa</i>		+			+	
<i>Spathularia clavata</i>			+++			+++
<i>Stemonitis splendens</i>					+	
<i>Stereum ostrea</i>			+			+
<i>Stereum rugosum</i>	+					
<i>Stereum</i> sp.	+	++	+	+	+	+
<i>Strobilurus tenacellus</i>			++			
<i>Stropharia coronilla</i>						+
<i>Stropharia semiglobata</i>			+			
<i>Stropharia</i> sp.			+	+		
<i>Suillus aemin</i> *			+			
<i>Suillus aeruginascens</i> *			+			+
<i>Suillus bovinus</i> *	+		+		+	+
<i>Suillus flavidus</i> *						+
<i>Suillus granulatus</i> *				+		+
<i>Suillus grevillei</i> *			+	+		+
<i>Suillus luteus</i> *			+	+		+
<i>Suillus</i> sp. *			+	+		
<i>Thelephora multipartita</i> *			+	+		
<i>Thelephora radiata</i> *			++	+		+
<i>Thelephora</i> sp. *	+	+		+		+
<i>Trametes dickinsii</i>	+	+	+			+
<i>Trametes hirsuta</i>	+					
<i>Trametes pubescens</i>					+	
<i>Trametes</i> sp.	++		+	+	+	
<i>Tricholoma argyraceum</i> *			+			
<i>Tricholoma brumale</i> *						+
<i>Tricholoma cingulatum</i> *						+

(续表)

真菌名称	辽东栎 成熟林	辽东栎 幼龄林	华北落叶 松人工林	油松 人工林	落叶阔叶 混交林	其它森林 类型
<i>Tricholoma fulvum</i> *					+	
<i>Tricholoma ionides</i> *		+	+		+	
<i>Tricholoma maculata</i> *		+				
<i>Tricholoma sculpturatum</i> *		+	+		+	+
<i>Tricholoma sordidum</i> *		+	+	+	+	
<i>Tricholoma</i> sp. 1*		+	+			
<i>Tricholoma</i> sp. 2*	+	+	++		++	
<i>Tricholoma terreum</i> *	+	++	+	++++	++	++
<i>Tricholoma virgatum</i> *	+			+		
<i>Tuber</i> sp.*						+
Unidentified	++	++	++	++	++	++
<i>Volvariella speciosa</i>						+
<i>Xerocomus subtomentosus</i> *				+		
<i>Xylaria hypoxylon</i>		+	+			+
<i>Xylaria</i> sp.	+	+	+			

注:标\*为外生菌根真菌,共150种。+:出现;++:出现较多;+++:出现极多

## 参 考 文 献

- 邓叔群. 1963. 中国的真菌. 北京:科学出版社  
 应建浙等. 1982. 食用蘑菇. 北京:科学出版社  
 应建浙等. 1987. 中国药用真菌图鉴. 北京:科学出版社  
 应建浙等. 1994a. 川西地区大型经济真菌. 北京:科学出版社  
 应建浙等. 1994b. 西南地区大型经济真菌. 北京:科学出版社  
 中国科学院微生物研究所真菌组. 1988. 毒蘑菇(第二版). 北京:中国科学出版社  
 Bon, M. et al. 1987. *The mushrooms and toadstools of Britain and North-western Europe*. London: Hongdder & Stoughton, Domino Books Ltd.  
 Dennis, R. W. G. 1986. *Fungi of the Hebrides*. London: Royal Botanical Gardens, Kew  
 Hawksworth, D. L. et al. 1995. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* (8th ed.). CAB International. Cambridge: University Press  
 Kirby, G. 1979. *Mushrooms and Toadstools*. Oxford: Oxford University Press  
 Phillips, R. 1981. *Mushrooms and other fungi of Great Britain and Europe*. London: Pan Books Ltd.  
 Singer, Rolf. 1986. *The Agaricales in Modern Taxonomy* (4th. ed.). Koenigstein: Koeltz Scientific Books  
 Trappe, J. M. 1962. Fungus Associates of Ectotrophic Mycorrhizae. *The Botanical Review*. 28: 538-606

## COMPOSITION OF EPIGEOUS MACROFUNGAL COMMUNITIES IN THE DONGLING MOUNTAIN, BEIJING

Huang Yongqing, Liu Xiaojuan, Huang Yicun

(Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

From over 10,000 specimens collected from Beijing's Dongling Mountain in a field work last-

ing five years, 329 species of epigeous macrofungi, representing 49 families and 101 genera, were identified. Among them, 150 species in 29 genera can form ectomycorrhiza with plants, accounting for 45.5% of the total. These ectomycorrhizal fungal species mostly belong to *Russula*, *Cortinarius*, *Inocybe*, *Tricholoma*, *Lycoperdon*, *Suillus*, *Gastrum*, *Hygrophorus*, *Calvatia*, *Lactarius*, *Boletus*, *Clavaria*, *Ramaria* and *Thelephora*. In the mature *Quercus liaotungensis* stand, 130 species in 58 genera were found to occur, 66 of which are ectomycorrhizal fungi, accounting for 50.8% of the total in the stand. In the premature *Quercus liaotungensis* stand, 132 species in 51 genera were found to occur, 64 of which are ectomycorrhizal fungi, accounting for 48.5% of the total in the stand. In the deciduous broad-leaved mixed stand, 138 species in 53 genera were found to occur, 67 of which are ectomycorrhizal fungi, accounting for 48.6% of the total in the stand. In the artificial *Larix principis-rupprechtii* stand, 158 species in 64 genera were found to occur, 68 of which are ectomycorrhizal fungi, accounting for 43.0% of the total in the stand. In the artificial *Pinus tabulaeformis* stand, 91 species in 40 genera were found to occur, 39 of which are ectomycorrhizal fungi, accounting for 42.9% of the total in the stand.

**Key words:** Epigeous macrofungus, Community composition, Warm temperate zone, Deciduous broad-leaved forest

# 植物种群的构件理论与实践

孙书存 陈灵芝

(中国科学院植物研究所,北京 10093)

**摘要** 植物种群构件理论为植物种群生物学和植物种群生态学开辟了一个新的研究领域。本文回顾了该理论提出的背景和发展历史,就植物的芽库与枝系构型、叶群体动态研究和统计生长分析等作了概述,并提出了对该领域继续研究的一点看法。

**关键词** 构件理论 芽库 叶群体 统计生长分析

## 1 引言:种群构件理论的提出

种群系指生活在特定环境中,同一物种个体的集合。它是遗传的单位,又是适应、进化的单位(Silvertown, 1982)。它是联系个体与群落的纽带,又是生态系统的重要组成部分。生态系统中的某一种群,特别是优势种群的消长会影响甚至改变整个生态系统的结构和功能,只有彻底了解种群的结构和数量动态才能对生态系统进行定量研究,从而预测和控制生态系统的发展和演变。

植物种群研究的主要途径有种群遗传学和种群生物学,种群动态是其研究核心,而种群统计是其主要研究方法(周纪纶, 1993)。植物种群生态学的理论和方法起源于人口学和应用生态学,但是,长期的进化历史使植物形成了不同于动物的生物学属性:光能自养、具有分枝和产生种子。影响种群行为的动植物生长型也有着基本区别:植物从种子萌发开始,生长始终是一些结构单元的积累,地上部分表现为带腋芽的叶的不断增加,地下部分是具分枝的根结构单元的增加,植物体是由一个个结构相互交接的群体(Arber, 1950);植物体具有分生组织,它的分布和数目、发育的时间就决定了植物的生长历程和整体形态(Silvertown *et al.*, 1993)。具有分生组织的芽和枝的持续生长易受到所居环境时空变化的影响,因此植物种群中个体大小参差、株型多样、寿命长短悬殊;芽和枝由于形成后所处的位置不同,形态功能各异,遗传上也有变异。所以,单纯以基元(gene)为单位进行种群统计,所得信息量已经不够(Harper, 1981)。植物种群生态学的研究也因此曾一度中断。1974年,Harper 和 White 提出的构件理论(module theory)成功地解决了这一问题,使植物种群生态学进入了飞跃发展阶段。构件理论认为:种群结构数量统计时,要区分两个层次:一是以合子(种子)发育的基元为单元的结构层次,另一个是以植株上的构件为单元的结构层次,同时要把两个层次的动态相联系。1977年,Harper 对此又作了全面总结,进一步发展了有关理论和方法,植物种群生态学研究很快进入兴盛时期。

## 2 构件理论的依据

### 2.1 构件的定义

构件理论的萌芽早在 18 世纪末就已开始:既然植物枝条的芽放在试管中培养或嫁接后,都能长成同母体相似的个体,那么植株的每一个芽就是一个个体,植物体本身就是由许多这样的个体组成的集合体。这种观点一直被人们不自觉地运用,但直到本世纪,由于大量文献的涌

现和实践的需要才得到足够的重视(White, 1979a)。构件概念的提出是过去一个多世纪工作的总结。构件一词在植物形态学中最早出现在法文(法文原词为 article)中(Halle, 1971), 转译成英文后, 较法文有新意, 但概念模糊(Harper & White, 1974)。Halle 等(1978)曾将其狭义定义为:由一个顶端分生组织自始至终生长发育形成;是一个独立的, 具有与其相连的节、叶片和腋分生组织, 终止于顶生花序或卷须的枝(shoot)。1981 年, Harper 将其广义定义为:具有多细胞结构的并相互联结的重复单元, 可分成不同的层次, 高等植物中, 如带腋芽的叶, 一个枝条, 或一个克隆构件(ramet), 一个分蘖(tiller)等, 这一定义已为众多研究者所接受。

## 2.2 构件理论的形态学依据

构件理论的核心是构件本身具有相对独立性。目前这已得到了广泛研究。从芽体到克隆构件每一层次都有其形态解剖学、生理学基础。

植物体由细胞组成, 但存在有许多中间层次:有分裂能力的细胞构成分生组织, 分生组织生长、分化形成位变异构件(metamer), 位变异构件组成构件(Barlow, 1989)。

芽体的组织培养已充分证明其相对独立性。农业、园林业中的芽体嫁接也是一个间接证明, 构件理论的萌芽也正起源于此。

芽及与其相连的叶同下端的节和节间一起被看成一个位变异构件, 枝条即由位变异构件组成, 植物体即是由这些位变异构件组成的总和, 植物的生长是通过位变异构件的增加来实现的(White, 1979a)。*Streptocarpus* spp. 就是一个很好的佐证, 它的营养枝具有分段, 分节的自然属性(Jong et al., 1975), 因此位变异构件的数目能反映植株的生长状况, 被用来确定枝条的生物年龄。

在单子叶植物中, 如一些葡萄茎、球茎、鳞茎植物, 由于缺少次生生长和合轴分支的普遍性。位变异构件理论应用受到限制。繁殖单位理论(phyton theory)仍被沿用, 它认为节间及其上端的节和节上叶构成一个繁殖单位, 植物体是繁殖单位的集合体, 植物的茎是叶基的融合体, 繁殖单位实际上是一种特殊的位变异构件。该理论已有了概念化图解(Priestley, 1933; 1935)。但在有些植物, 如水稻中, 节间长度变化明显, 但繁殖单位数却不易改变, 应用仍然受到局限。

与位变异构件理论(metamer theory)相反, 管道模型理论(pipe model theory)认为植物体在纵向上可分为若干个组成单元, 即由许多单位管(unit pipe)组成, 每个单位管都支持有光合组织(Shinozaki et al., 1964), 一些荒漠灌木是该模型的最好例证, 将植物体从一端向下劈裂后, 使根茎部, 特别是使木质部相互分离, 发现植株仍能存活(White, 1979a); *Calycotome villosa*, *Reaumuria palaestina* 和 *Populus euphratica* 等的水分和营养物质的运输主要是纵向的, 在水分胁迫情况下, 水分运输是从特定的根到特定的茎, 根的一部分受到损伤, 只有与之相连的枝条受害, 而其它部分完好(Waisel et al., 1972)。

## 2.3 构件理论的生理学依据

枝条作为植物的组成单位研究最为详实(Sprugal et al., 1991)。解剖学发现, 多数物种, 如 *Populus deltoides*, *Acer pensylvanicum* 等, 在接近叶柄脱落区, 都存在限制区(constraint zone), 维管分子在此陡然变小, 相对导度降低了 75% (Zimmerman, 1978)。很多乔木在茎和枝间存在另一限制区, 从而使茎枝相对分离(Zimmerman et al., 1971)。生理上, 在茎枝间, 主枝与侧枝间都有明显差异, 水导力在主茎相对较高, 枝条具中, 茎枝间, 枝枝间最低(Tyree et al., 1988)。N<sup>14</sup>同位素示踪发现, 一个枝条合成的碳水化合物仅能转移到与之相连的树干

部(Grifford *et al.*, 1981)。环带法和修剪法也证明,下部枝条的移走不会引起上部枝条生长速度的变化,很少有例外(Mar, 1960)。生态学研究认为,部分枝条如受到干旱,寒冷的胁迫,或受到病原体的侵害,其它部分的枝条很少受到很大损伤。

Adams(1967)指出植物体内存在有与构件这种形态亚单位类似的生理亚单位,即营养单位(Nutrition unit)。Watson 和 Casper(1984)则将之称为整合生理单位(Integrated physiological unit),认为植物体的水分、养分的输送,同化产物的转移都局限在一定范围内;叶序(Phyllotaxy)是影响植物体内碳分布格局的重要因子。

克隆植物的结构单位是克隆构件,它具有完整的结构部分和独立的生理过程(Schmid, 1986; Schmid *et al.*, 1987)。克隆构件间的物质运输很微弱,资源有限的情况下,较小的母体会抛弃子体,而将物质能量用于自身的生长(Thomas *et al.*, 1991)。运输的方向也只局限于幼体(Peter, 1991)。目前以克隆构件为研究对象的种群生态学研究较为活跃。

需指出的是,从芽到克隆构件,都是由基元划分而来的,因此,它们不论在形态解剖上,还是在生理上总存在着一定的联系,而独立性总是相对的。White(1979a)因此将构件种群称之为资源共享种群(metapopulation)。而且,构件单位愈小,其相互联系、生理整合性就愈大。

构件理论的产生不仅有其理论依据,也有其实践需要(Harper, 1980)。农作物、经济作物的产量往往是由一些构件数量决定的,单一构件的数量统计往往比基元水平的统计更为重要,如水稻,小麦的分蘖数。放牧系统中,牲畜取食往往只是植物器管的某一部分,如芽,叶等幼嫩部分,因此这些构件数目的变化显得比个体重要得多。园艺、果树栽培中,枝条的修剪无疑是构件空间格局的调节(钟章成, 1992)。

生殖生态学已充分阐述了生殖构件的结构与动态,对此,本文不再赘述,仅就对营养构件的研究作一概括。

### 3 种群构件理论的研究概述

#### 3.1 芽库与枝系构型

芽体具有分生组织,它的活动对外界环境的变化最为敏感。芽的相对位置是种群生态对策的重要参数,是植物生活型 Raunkiaer 分类系统的基础。芽在生长过程中,或成为枝条,或成为花序,或死亡,或休眠。芽的命运及分枝数、分枝角度、枝长等就决定了枝系构型(shoot architecture),枝系构型是植物形态整体上的表现,它反映了植物获取资源和竞争的能力,从 Warming(1909)以来一直都是生长型分类的依据。

##### 3.1.1 芽库

芽种群又称芽库,是指植物体上所有芽体的总和。不同植物的芽体数目和分布差异很大,草本植物相对稠密,如 *Agropyron* spp. 在一个直径 20 cm 的盆中经 20 周的生长后,平均每株达 215 个(Tripathi *et al.*, 1973)。休眠芽在草本植物中数目也很巨大,如 *Carex arenaria* 的休眠芽数随季节变化显著,最多可达 1400 个/m<sup>2</sup>(Noble *et al.*, 1979)。

由于芽种群的特殊性,芽库统计不仅反映了种群在不同条件下的生长策略,更能揭示植物在结构和生长动态上的适应模式。芽库的空间格局与动态就是枝系构型的形成过程,枝系构型只不过是植物生长过程的历史记录。有关乔木的芽库研究起步较迟, *Quercus rubra* 的侧芽数目同枝长密切相关,长短枝上密度不同(Ward, 1964)。真正的芽库统计开始于对银桦的研究, Maillette(1982a,b)发现芽库的数自动态同叶数、枝长有关系,并根据芽在四季中的不同命运和转移概率建立了矩阵模型,预测芽种群的动态。Markov 模型更能描述芽库在各状态间的

转移情况,更能模拟和预测芽种群动态,反映植物对资源的投资策略(Maillette, 1990)。也有运用 logistic 方程,并引入三角函数,考虑构件在不同季节中的变化,结果能反映构件季节震荡,效果很好(Maillette, 1992)。

芽库不同于种子库,基因型相同,而且存在着相互抑制,有两类芽的作用应受到重视,顶芽在芽种群统计和分枝形成中所起作用大于侧芽,它影响着侧芽的活动状况(Svensson *et al.*, 1988),灵敏度分析表明,休眠芽的贡献有时是决定性的,特别是对一些生活在树线附近,恶劣环境的种群(Maillette, 1987; 1990; Lehtila *et al.*, 1994)。

芽库动态还易受到环境因子的影响,不同植株相互接触的不同干扰区(interference zone),芽的总数,出生率,死亡率都有明显变化,从而又影响到其它构件的动态(Jones *et al.*, 1987a, b)。同一物种在不同纬度区,由于日照、温度的差异,光合枝的延伸方向、茎的倾斜度都有变化(Noble, 1981);周期性牧食能改变不定芽和枝条的死亡率、存活率,从而改变枝系构型(Thomas *et al.*, 1985),火在一定情况下,能促进分枝(Lamont *et al.*, 1993)。不同光强下,枝系和叶在空间的伸展方向也都不同(Charles, 1988; Exequiel, 1991)。恶劣环境中的老头树、旗形树也是芽活动受抑制后的产物。同一种植物,不同环境中可能出现不同的构型,甚至不同的生长型,同一株植物的不同部分的贡献也可能不同,这对研究种群的生存对策很有一意义。

### 3.1.2 枝系构型

描述枝系构型的主要参数有:分枝数,分枝角度,枝长等,乔木的侧枝也同样具有构型,它们也同样占有资源空间。持续分叉和分枝角度在乔木中非常重要,这些参数从发芽到成熟植株已都有研究(Fish *et al.*, 1977; Fish, 1978; Bell *et al.*, 1979),分枝率在乔木中是描述几何构型的重要参数,但有关它的稳定性有些争论(Steingrareber *et al.*, 1986)。

乔木的枝系构型早期一般都是通过观察和简单描述完成的。后来 Halle (1978)把植物体看成由很多构件组成的种群,并考虑到分生组织的分化、寿命和初生生长,一共建立了 23 种枝系构型模型,基本上所有的植物都能被其中的一种或两种所描述。这些模型已被广泛接受。发现其特别有利于理解单轴、合轴分枝的生态学意义,但没有考虑到植株大小的影响,甚至连生长型的差别都不能区分(White, 1979a)。

草本植物的枝系构型在单子叶和双子叶植物中有很大不同,双子叶植物具有次生生长,类似于乔木,这方面的研究多局限于一些农作物,如将棉花的枝数、枝长与发育阶段相联系,建立了棉花的生长发育模型(周纪纶, 1993)。单子叶草本植物中构件的空间格局也有两类,分蘖植物倾向于垂直,而走茎植物倾向于水平,但有些禾草类同时具有这两种特性。Clegg (1978)把草本植物的地上部分构型分成 Plalax(防御型)和 Guerilla(游击型)两大类,前者具有短的水平方向的节间,分蘖或营养枝,形态上密集成块,属防御性构型。后者节间较长,形态上趋于分离和扩张,具侵略性,当然有很多中间类型。这两类植物的生存对策不同,它们对资源有不同的利用方式。两类植物如居同一生境中,分别占据不同空间,但能仍相互影响(Schmid, 1985)。

### 3.1.3 走茎植物的枝系构型与觅食行为

走茎植物的枝系构型研究最为充分,这与 Harper(1974)一开始的强调不无关系。这一类植物的芽分布于地下或地表,属隐芽植物。因为芽向地下方向的伸长很微弱,在空间中的伸展接近于二维,有的分布很有规律。在一个永久性的均匀的沙丘样方中,由于沙丘苔草(*Carex arenaria*)根状茎的直线延伸和无性分蘖株的不断死亡、补充,最终会占据和布满整个样方。

(Noble *et al.*, 1979)。印度瓜(*Medeola virginiana*)葡株在传播过程中,茎的短葡枝与老葡枝走向呈45°角,新葡枝和新块茎又成45°角,离心式的向外扩张,如果各个方向上都是适宜的,则构成一个完整的八卦形图形,并以8年为一周期向外扩展一圈(Bell, 1974),这种现象已被数学模型和计算机所模拟(Bell *et al.*, 1979),结果提示,植物在空间上同样具有移动功能,移动方向与资源丰度有关,犹如动物一般的觅食行为。而且这种行为同植物形态的可塑性表达有关,因为芽的伸长和空间分布又受到矿质元素,光照和水分等因素的影响(Slade *et al.*, 1987 a, b, c)。可塑性表达是植物对环境变化的一种暂时性适应,在物种生物学和进化生物学中占有重要地位。

植物的觅食行为实际上是植物在空间各个方向上的选择投资(Kroom *et al.*, 1991)。不同的生长型有不同的投资策略(Ray, 1992)目前植物的觅食行为已得到充分证明,而且理论上在乔木和其它各种植物中都广泛存在,只是研究刚刚起步。由此产生的适应形态学是生态学研究中的一个新动向(Bell, 1984; White, 1979a)。

需指出的是,芽体和分蘖株空间分布的规律性明显不同于种群的基元行为,克隆构件间很少有高频接触,这是由于克隆构件间的生理整合性造成的。虽然构件本身具有相对独立性,但随时空有很大变化(Price *et al.*, 1992)。克隆构件,特别是幼体,生长发育的物质能量往往来源于母体,构件间也存在着广泛的资源共享,如碳水化合物、矿质元素等,资源分配上也有着共同反应(Robert, 1982; 1983)。这样,生理上的相互依赖和资源的重新分配可以克服因资源的小规模差异而引起不均匀,减少了不必要的竞争和资源浪费,也可避免它种的侵入(Hartnett, 1983a,b)。但在差异很大时,又能及时作出反应,生长出新的分蘖,以利用资源。

### 3.2 叶群体与根系

植物是通过构件的增长来占领有限的资源空间,通过分枝,长叶的时空变化来适应环境的时空变化。基元是具特定年龄和生理功能的各种构件的组合,每一个构件都有其发生、发展、衰亡的生活史,构件结构的动态与资源的空间利用密切相关。

叶为光合器官,叶群体的结构和动态影响着植物的能量固定,叶的发生需借助于其它部位的物质和能量,成熟时输出碳水化合物和其它有机物,衰亡时释放矿质营养和部分能量。绝大多数物种叶的数目不是固定的。对叶片数目的确定主要有:枝条的抽样估测,用化学药剂处理,落叶后计数,还可根据叶数或叶面积同树高,胸径的生长相关性来推算(Harper *et al.*, 1974)。草本植物主要研究了叶面积系数同光合效率的关系。不同年龄的叶片具有不同的生理功能,因此叶群体的年龄结构影响植株的生产力。Kikuzawa(1982)研究了落叶阔叶林的41种树木,发现现叶方式同芽鳞数目有关,可分为爆发型,持续型和中间型,现叶期同芽鳞数呈负相关,枝基部的叶寿命较其它部位短。叶群体的死亡也历经一段时间,存活曲线也是一个重要参数(Naylor, 1972),现已发现的所有叶群体存活曲线都呈decvy I型(White, 1979a)。

枝的生长取决于芽的分化和生长方向及叶合成有机物的多少,且枝条的长短同叶数密切相关(Kikachiro, 1975),因此,枝系的研究都是和芽种群或叶群体的研究联结在一起的。

叶在树冠中的分布格局影响植物对光的复合利用,林中光斑的分布会引起树冠内部及枝系构型的变化。就某一枝条来说,叶在枝上的排列方式称为叶序,叶序的形成在本质上是个形态发生过程,但肯定受到生态因子的调控。目前叶序的研究日益受到重视,描述叶序的数学模型已有很多(Jean, 1990),但它的形态发生过程和生态学意义尚不甚明了。

根系,特别是细根,虽然只占总生物量的5%,但周转快,维持其动态需消耗50(70%)的初

级生产力,在养分循环和能量流动中居重要地位。很多年来,根系研究一直是个难题。由于取样方法的破坏性,严重限制了根系研究进展。现已作了很多努力,如应用染料结合解剖观察可以了解根的大致生长动态,但不能反映根的实际生长过程。最为成功的是应用微根管法(minirhizotrons),可用于直接观察根系生长动态,也易于研究根系生产力及其分布(Chen et al., 1990),根系作为群体的研究才刚刚开始。

构件动态的研究必须和基元层次相结合。Harper(1974)在研究浮萍数量动态时发现,初始阶段,单个个体生物量和个体数都呈指数增长,处于无界增长状态。随着萍块集合,出现光和空间的竞争,生物量的增长率呈递减趋势,最后,种群增长和环境之间达到相对平衡,进入稳定状态,这时基元水平上数目变化很小,种群动态只能从构件水平上得到反映。在弃耕地 *Solidago canadensis* 的基元 3 年即达到稳定,而克隆构件至少需要 8 年,稳定状态时,基元数目往往很少,也难有变化,但构件数目处在不断变化之中(Harnette, 1985a,b,c)。

构件种群的增长同样受到密度制约和非密度制约作用。叶群体在不同基元、构件密度条件下,统计动态不同(Harnette, 1985a)。克隆构件本身具有密度依赖性,但随斑块大小和生境差异很大(Piteka et al., 1985)。构件的独立性是相对的,生理整合使构件种群密度调节不同于基元水平:如克隆构件的增长不符合最后产出恒定法则(Harnette, 1985a), $-3/2$  幂自疏定律也不适合构件这一水平(Kays et al., 1974)。其实,大多数走茎植物并不发展到自疏密度(Hutchings, 1979)。

### 3.3 统计生长分析

统计生长分析(demography growth analysis)是构件理论在生长分析中的具体应用,植物的生长被认为是构件的动态得失过程,甚至有人主张群落的动态可以构件水平上分析(Harper, 1980)。传统的生长分析都是从生物量角度研究植物从种子到幼苗、成株的生长、发育规律(Hunt, 1978)。但由于取样具有破坏性,很难真正测定生长速率,对同一个体更不可能,因而很少被用于野外,而且生长速率并不是反映植物对外界环境的反应的敏感参数,同一生长速率并不意味着植物对环境有相同的反应。构件种群统计方法一定程度上避免了这些缺陷。植物的大小千差万别,而构件的差别很小,原因在于构件数目的不同,通过对构件的种群统计,调查其出生率、死亡率、周转率等就能反映植株本身的生长动态。

统计生长分析的开创性工作由 Bazzaz 和 Harper(1979)完成,并得到广泛接受。主要研究叶群体与植株生长的关系,叶群体统计可以反映植物与环境之间的相互作用,叶群体的增长受到光照、繁殖压力及土壤矿质元素的限制,高密度减少叶群体的平均寿命,叶寿命还受到季节变化的影响。施肥能提高出生率、死亡率,加速周转(Hunt et al., 1980)。但叶群体统计也有其局限性,特别是对那些叶数较为固定的物种,要从根本上解决这一问题,就必须对植物的所有构件作种群统计。这方面有待继续探索。

传统生长分析同统计生长分析之间有过很多争论,考虑到后者毕竟没有测定整个植株,也有其局限性,而且构件数目对植物生长只能是一个间接指标,构件本身也有一个生长过程。因此两者应该相互补充(McGraw et al., 1990)。

## 4 种群构件理论研究展望

总体大于部分之和,生物学中每一层次都有其独特的运动规律,研究内容和方法不可相互替代。构件理论开辟了传统种群生态学与生理生态学间的一个新的研究领域。

构件理论考虑到个体间的差异,避免了把所有植物体都当作大小相同的泥丸看待,通过对

构件结构、动态的研究,更能准确反映种群的动态过程,特别是对一些基元数目不易改变的克隆植物。植物在生长过程中,通过调节构件数目以适应外界环境的变化,将构件动态同环境变化相结合,一方面,更有助于理解种群的生活史生态对策;另一方面,构件动态更能反映植物的表型可塑性,将它与物种的适应与进化结合起来研究,可以为进化生物学提供依据。构件层次的研究也克服了生理生态学在统计上的局限。如枝条被作为研究空气污染、全球变化的单位(Sprugel *et al.*, 1991)。

构件理论在 20 年里的发展,一改过去停滞不前的局面,使种群生态学研究再次成为热点,但它本身也存在着许多不尽人意的地方:理论基础尚不完善,构件本身到底有多大的独立性?在时空上是怎样变化的?构件种群调节遵循什么样的规律?方法上仍沿袭于传统生态学,尽管有所改进,但缺乏创新。

构件理论在各个方向上的研究深度也不同,很多领域有待深掘。乔木的枝系构型和构件动态同觅食行为的关系,草本植物中的鳞茎、球茎种类研究不够。最为紧迫的是根系的构型和生长动态,刚刚起步。

构件理论在宏观上必须同传统种群生态学相结合,才能阐述构件动态在进化上的意义。生态学的研究单元是生态系统,构件种群研究要注意构件间的相互作用,构件与环境间的相互作用。微观上要注意同生理生态结合,研究构件的完整性、独立性、构件间的偶合等,从而避免盲目性,同时还为发育生物学,如叶序、分枝格局(branching pattern)的研究提供依据。构件理论在我国也日益得到重视,老一辈生态学家,如阳含熙(1994),周纪纶(1993),钟章成(1992),祝宁(1994)等对它的传播和发展起了重要作用。但从总体上看,仍比较落后,该领域的研究必须加强。

#### 参 考 文 献

- 阳含熙, 1994. 植物体的新认识. 祝宁主编, 植物种群生态学研究现状与进展, 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1-7
- 周纪纶, 1993. 植物种群生态学. 北京: 高等教育出版社
- 祝宁, 主编. 1994. 植物种群生态学研究现状与进展. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社
- 钟章成, 1992. 我国植物种群生态学研究的成就与展望. 生态学杂志. 11(1): 4(8)
- Adams, M. W. 1967. Basis of yield compensation in crop plants with special reference to the field bean. *Crop Science*. 7: 505 - 510
- Arber, A. 1950. *The natural philosophy of plant form*. London: Cambridge Univ. Press
- Barlow, P. W. 1989. Meristems, metamers and modules and the development of shoot and root systems. *Bot. J. Linn. Soc.* 100: 255 - 279
- Bazzaz, F. A., Harper, J. L. 1979. Demographic analysis of the growth of *Linum usitatissimum*. *New Phytol.* 78: 193 - 208
- Bell, A. D. 1974. Rhizome organization in relation to vegetative spread in *Medeola virginiana*. *J. Arnold Arbor Har. Univ.* 55: 456 - 468
- Bell, A. D. 1979. The hexagonal branching pattern of rhizomes of *Alpinia speciosa* L. *Ann Bot.* 43: 209 - 223
- Bell, A. D. 1984. Dynamics morphology : a contribution to plant population ecology, In Dirzo R & Sarukhan, J. (eds). *Perspectives on plant population ecology*. Massachusetts: Sinauer, 478
- Bell, A. D., Roberts, P. D., Smith, A. 1979. Branching patterns: simulation of plant architecture. *J. Theor. Biol.* 81: 351 - 375
- Charles, D. C. 1988. Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees : responses to canopy gaps. *Ecol.* 69: 786 - 795
- Chen, W., Coleman, D. C., Box, J. E. 1990. Root dynamics, production and distribution in agr-ecosystems on the Georgia piedmont using minirhizotrons. *J. Appl. Ecol.* 592 - 604

- Clegg, L. M. 1978. *The morphology of clonal growth and its relevance to the population dynamics of perennial plants*. Ph. D. thesis, Bangor: U C N W.
- Exequiel, E., Carlos, M., Santiago, A. 1991. Architecture, light interception and distribution of *Larrea* species in the Monte desert, Argentina. *Ecol.* 72:23–34
- Fisher, J. B. 1978. A quantitative analysis of *Terminalia* branching. In: Tomikiso, P. B., Zimmerman, M. H. (eds). *Tropical trees as living systems*. New York: Cambridge University Press, 285–320
- Fisher, J. B. 1986. Branching pattern and angles in trees. in Givnish, J. T. (eds). *On the economy of plant form and function*. New York: Cambridge University Press, 493–518
- Fisher, J. B., Honda, H. 1977. Computer simulation of branching pattern and geometry in *Terminalia* (Combretaceae), a tropical tree. *Bot Gaz.* 138:377–384
- Gifford, R. M., Evans, J. T. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and field. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 32:485–509
- Halle, F., Oldeman, R. A. A. 1971. *Essai sur l'Architecture et la Dynamique de Croissance des Arbres Tropicaux*. Paris: Masson
- Halle, F., Oldeman, R. A. A., Tomlinson, P. B. 1978. *Tropical trees and forests: an architectural analysis*. Berlin: Springer Verlag
- Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. London: Academic press
- Harper, J. L. 1980. Plant demography and ecological theory. *Oikos*. 35: 244–253
- Harper, J. L. 1981. The concept of population in modular organisms. May, R. M. (eds), second edition, *Theoretical Ecology*. Oxford, London: Black Scientific Publications, 53–77.
- Harper, J. L., White, J. 1974. *The demography of plants*. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5: 419–463
- Hartnett, D. C., Bazzaz, F. A. 1983a. Physiological integration among inter-clonal ramets in *Solidago canadensis*. *Ecol.* 64: 710–721
- Hartnett, D. C., Bazzaz, F. A. 1983b. Physiological integration among intra-colonal ramets in *Solidago canadensis* L. *Ecol.* 64: 779–788
- Hartnett, D. C., Bazzaz, F. A. 1985a. The genet and ramet population dynamics of *Solidago canadensis* in an abandoned field. *J. Ecol.* 73:407–414
- Hartnett, D. C., Bazzaz, F. A. 1985b. The integration of neighbourhood effects by clonal genets in *Solidago canadensis* L. *J. Ecol.* 73:415–427
- Hartnett, D. C., Bazzaz, F. A. 1985c. The regulation of leaf ramet and genet densities in experimental population of rhizomatous perennial: *Solidago canadensis*. *J. Ecol.* 73:429–444
- Hunt, R. 1978. Demography versus plant growth analysis. *New Phytol.* 80:269–272
- Hunt, R., Bazzaz, F. A. 1980. The biology of *Ambrosia trifida* L V: response to fertilizer with growth analysis at the organismal and sub-organismal level. *New Phytol.* 84:113–121
- Hutchings, M. J. 1979. Weight-density relationships in ramet populations of clonal perennial herbs with special reference to – 3/2 thinning law. *J. Ecol.* 67:21–34
- Jean, R. V. 著. 1990. 王本楠等,译. 1990. 植物生长模式与形态的数理研究方法. 北京:学术书刊出版社
- Jones, M., Harper, J. L. 1987a. The influence of neighbours on the growth of trees 1. the demography of buds in *Betula pendula*. *Proc. R. Soc. London.* B232:1–18
- Jones, M., Harper, J. L. 1987b. The influence of neighbours on the growth of trees 1. the fate of buds on long and short shoots in *Betula pendula*. *Proc. R. Soc. London.* B232:19–33
- Jong, K., Burtt, B. L. 1975. The evolution of morphological novelty exemplified in the growth patterns of some *Gesneriaceae*. *New Phytol.* 75:297–311
- Kays, S., Harper, J. L. 1974. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. *J. Ecol.* 62:97–105
- Kihachiro, S. 1975. Growth analysis of plant as an assemblage of internodal segments-a case of sunflower plants in pure stands. *Jap. J. Ecol.* 25:61–70
- Kikuzawa, K. 1982. Leaf survival of woody plants in deciduous broad-leaved forest 1. Tall trees. *Can. J. Bot.* 61:2133–2139

- Kroom, den, H., Scheiving, 1991. Resource allocation patterns as a function of clonal morphology: a general model applied to a foraging clonal plant. *J. Ecol.* 79:515–530
- Lamont, B. B., Runciman, H. V. 1993. Fire may stimulate flowering, branching, seed production and seedling establishment in two *Kangaroo paws* (Haemodoraceae). *J. Appl. Ecol.* 30:256–264
- Lehtilä, K., Tuomi, J., Sulkinoja, M. 1994. Bud demography of the mountain birch *Betula pubescens* spp. *tortuosa* near tree line. *Ecology*. 75(4):945–955
- Maillette, L. 1982a. Structure dynamics of silver birch I : the fate of buds. *J. Appl. Ecol.* 19: 203–218
- Maillette, L. 1982b. Structure dynamics of silver birch II : a matrix model of the bud population. *J. Appl. Ecol.* 19:218–238
- Maillette, L. 1987. Effects of bud demography and elongation patterns on *Betula cordifolia* near tree line. *Ecology*. 68(5): 1251–1261
- Maillette, L. 1990. The value of meristem states, as estimated by a discrete time Markov chain. *Oikos*. 59: 235–240
- Mar, M. C. 1960. The influence of pruning on the growth of conifers. *Forestry*. 33:37–53
- McGraw, J. B., Keith, G. 1990. Demography growth analysis. *Ecol.* 71:1199–2004
- Naylor, R. E. L. 1972. Aspects of the population dynamics of the weed *Alopecurus myosuroides* buds in winter cereal crops. *J. Appl. Ecol.* 9:127–139
- Noble, J. C., Bell, A. D., Harper, J. L. 1979. The population of plant growth I : the morphology and structure demography of *Carex arenaria*. *J. Ecol.* 67:983–1008
- Noble, P. S. 1981. Influences of photosynthetically active radiation on laded orientation, stem tilting and height of cacti. *Ecol.* 62:982–990
- Peter, A. 1991. Nitrogen sharing among ramets increases clonal growth in *Fragaria chiloensis*. *Ecol.* 72:69–80
- Piteka, L. F., Hansen, S. B., Ashman, J. W. 1985. Population biology of *Clintonia borealis* I , ramets and patch dynamics. *J. Ecol.*, 73:169–184
- Price, E. A. C., Hutchings, M. J. 1992. Studies of growth in the clonal herb *Glechoma hederacea* I : patterns of physiological integration. *J. Ecol.* 80:25–38
- Priestley, J. H., Scott, L. I. 1933. Phylotaxis in the dicotyledon from the sand point of developmental anatomy. *Biol. Rev.* 8: 241–268
- Priestley, J. H., Scott, L. I., Gillett, E. C. 1935. The development of the shoot in *Alstroemeria* and the unit of shoot growth in the monocotyledons. *Ann. Bot.* 49:161–179
- Ray, T. S. 1992. Foraging behaviour in tropical herbaceous climber(Araceae) *J. Ecol.* 82:189–204
- Robert, A. A. 1982. A quantitative theory of reproductive effort in rhizomatous perennial plant. *Ecol.* 63:679–686
- Robert, A. A. 1983. On the quantitative theory of resource partition in rhizomatous perennial plants: the influence of canopy structure rhizome branching pattern and self-thinning. *Ecol.* 64:703–709
- Schmid, B. 1985. Clonal growth in grassland perennial II : growth form and fine scale colonizing ability. *J. Ecol.* 73:809–818
- Schmid, B. 1986. Spatial dynamics and integration within clones of grassland perennials with different growth forms. *Proc. R. Soc. London.* B228:173–186
- Schmid, B., Bazzaz, F. A. 1987. Clonal integration and population structure in plants: effects of severing rhizome connections. *Ecol.* 68:2016–2022
- Shinozaki, K., Yoda, K., Hozaki, K. et al, 1964, A Quantitative analysis of Plant Form-the pipe model theory I , Basic analyses. *Jap. J. Ecol.* 14:97–105.
- Silvertown, J. W. 1982. *Introduction to plant population ecology*. London: Longman
- Silvertown, J. W., Doust, J. L. 1993. *Introduction to Plant Population Biology*. London: Blackwell Scientific Publications
- Slade, A. J., Hutchings, M. J. 1987a. The effects of nutrient viability on foraging in the clonal herb *Glechoma bederaea*. *J. Ecol.* 75:95–112
- Slade, A. J., Hutchings, M. J. 1987b. The effects of light intensity on foraging in the clonal herb *Glechoma bederaea*. *J. Ecol.* 75:639–650
- Slade, A. J., Hutchings, M. J. 1987c. Clonal integration and plasticity in foraging behavior herb *Glechoma bederaea*. *J. Ecol.*

- 75: 1023–1036
- Sprugel, D. G., Hinckley, T. M., Schaap, W. 1991. The theory and practice of branch autonomy. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 22: 309–334
- Steigraeber, D. A., Waller, D. M. 1986. Non-stationary of tree branching pattern and bifurcation ratios. *Proc. R. Soc. London B* 228: 187–194
- Svensson, B. M., Callaghan T. V. 1988. Apical dominance and simulation of metapopulation dynamics in *Lycopodium annotinum*. *Oikos*. 51: 331–342
- Thomas, C., Collenen, K. K. 1991. On the adaptive value of physiological nitrogen in clonal plant. *Ecol.* 72: 81–91
- Thomas, G. W., Susan, M. 1985. Chromic herbivory : impacts on architecture and sex expression of pinyon pine. *Science*. 202: 1089–1091
- Tripathi, R. S., Harper, J. L. 1973. The comparative biology of *Argroopyron repens* and *A. caninum* I : the growth of mixed populations established from tillers and seeds. *J. Ecol.* 61: 353–368
- Tyree, M. T., Perry, T. A. S. 1988. Do woody plants operate near point of catastrophic xylem dysfunction caused by dynamic water stress? Answers from a model. *Plant Physiol.* 88: 574–580
- Waisel, Y., Lipschitz, N., Kuller, Z. 1972. Patterns of water movement in trees and shrubs. *Ecology*. 53: 520–523
- Ward, W. W. 1964. Bud distribution and branch in red oak. *Bot. Gaz.* 125: 217–220
- Warming, E. 著. 1909. 陈庆诚, 陈泽霖. 译. 1965. 植物生态学(植物群落研究引论). 北京: 科学出版社, 88–121
- Watson, M. A., Casper, B. B. 1984. Morphogenetic constraints on patterns of carbon distribution in plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15: 235–258
- White, J. 1979a. The plant as a metapopulation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10: 109–145.
- White, J. 1979b. Demography factors in populations of plants. In: Solbrig, O. T. (eds). *Demography and dynamics of plant population*. Oxford: Blackwells, 21–48
- Zimmermann, M. H. 1978. Hydraulic architecture of some diffuse-porous trees. *Can. J. Bot.* 56: 2286–2295
- Zimmermann, M. H., Brown, C. L. 1971. *Trees-structure and functions*. Berlin: Springer–Verlag. 336

## MODULE THEORY OF PLANT POPULATION AND ITS APPLICATIONS

*Sun Shucun, Chen Lingzhi*

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093) \*

Module theory of plant population has opened a new research field for plant population biology and plant population ecology. In this paper, its background and development were introduced; Bud population and shoot architecture, leaf population dynamics and demography growth analysis were briefly reviewed, and some ideas for further study were also provided.

**Key words:** Module theory, Bud population, Leaf population, Demography growth analysis

## 中国沿岸捕鲨渔业及其对鲨种群的影响<sup>\*</sup>

杨 光 周开亚 徐信荣

(南京师范大学生物多样性与分子进化研究室,南京 210097)

**摘要** 中国沿岸在解放前和 50~60 年代曾有相当规模的捕鲨渔业,当时主要使用的渔具有昂鲨钩、钓具类和刺网类。从 60 年代中期开始直接捕鲨的规模减小。近年来随着机拖网、围网和张网等的大规模发展,兼捕的鲨鱼量有所上升。1994 年在东海和南海水域的年捕鲨量约为 33481~34356 t。共记录了 38 种鲨,隶属 8 目 15 科 26 属,其中以路氏双髻鲨 (*Sphyrna lewini*)、尖头斜齿鲨 (*Scoliodon laticaudus*)、条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum*)、日本翅鲨 (*Hemitraikes japonica*) 和沙拉真鲨 (*Carcharhinus sorrah*) 为主。现在直接捕鲨的渔具主要是鲨鱼沿绳钩。拖网则是兼捕鲨的主要渔具。中国沿岸渔业中部分鲨(尤其是大型种类)的种群数量已经有所减少,并且继续对前面 5 种鲨,特别是路氏双髻鲨和尖头斜齿鲨有一定的捕捞压力。本文还就鲨的保护进行了讨论。

**关键词** 鲨 捕捞 调查 保护

对鲨的过度捕捞特别是对幼鲨和雌鲨的捕杀,已构成了对一些鲨类的威胁 (Castro, 1983),国际上对鲨类及鲨制品如鱼翅、鲨软骨、鲨皮、鲨肉、鲨鱼肝油的贸易是造成部分鲨种群数量减少或濒危的重要原因。1994 年 11 月在美国佛罗里达州召开的濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)第九次会议上,通过了一个关于“鲨和鲨制品贸易”的决议案,敦促对鲨种群、捕鲨渔业和鲨鱼贸易进行监测。

在中国海域已知有 110 种以上的鲨类(成庆泰和郑葆珊,1987)。但国内对鲨的研究主要在形态、解剖、区系分类等方面(朱元鼎和孟庆闻,1979; 朱元鼎和王幼槐,1970; 朱元鼎等,1984; 孟庆闻等,1985);另外对鲨的药用价值也有一些研究(王唯伟,1984; 许为群等,1985)。迄今未见有关捕鲨及其对鲨鱼种群影响的报道。

本文报道关于中国沿岸渔业捕鲨的调查结果。

### 1 调查地点和方法

调查在 1995 年 4~9 月进行,其中 4 月 4 日~5 月 8 日在福建省,5 月 21 日~6 月 28 日在广东省、海南省和广西壮族自治区,7 月 10~28 日在山东省,9 月 5~28 日在浙江省。共调查了 14 个渔港,即山东的石岛港、浙江的沈家门港和椒江港,福建的沙埕港、三沙港、崇武港和东山港,广东的闸坡港和企水港,广西的北海港和防城港,海南的潭门港(图 1)。

在每个渔港的调查主要包括在鱼市上了解鲨的销售情况(如种类、销售价格等)和在渔港观察渔船返航后的卸鱼过程,统计渔船渔具的类型,记录捕捞对象和产量。鉴定鲨的种类、计

\* 东亚野生生物贸易调查委员会(TAFFIC East Asia)委托项目

调查期间得到许多渔民的合作和支持;广东、海南、广西、福建、浙江和山东等省的市(县)水产局,渔政站也给我们以热情接待和大力帮助;福建和广东的省水产厅还慷慨提供了两省的部分渔业资料,谨此一并致谢

数被捕捞的个体数量和重量,对未能在野外鉴定的标本取至少1~2条编号、进行外形测量并照相,然后带回实验室作进一步的鉴定。与船长和渔民进行广泛的接触,了解捕鲨的现状和历史并进行问卷调查填写鲨鱼调查表,根据调查表分析捕鲨的渔具种类、作业的区域、鲨鱼的产量和占总渔捞产量的百分比及其历史变化、捕获的鲨鱼种类及其历史变化等。还在福建和广东两省的水产厅对其所辖区域内的海洋渔业及其对鲨的捕捞情况进行概括性了解,同时尽量从基层水产管理部门如县水产局、渔政站和渔村委员会等了解有关的资料,并访问了各地的鲨类加工厂、制药厂和水产品商店等。

调查期间访问了26个渔村或海洋捕捞公司,13个县(市)水产局或渔政站,2个省的水产厅,4个与鲨鱼加工利用直接有关的加工厂、制药厂以及各个港口附近的农贸市场或海味商店。填写了132份问卷调查表,拍摄照片184张。总计发现鲨鱼95次787条,测量了29条鲨,29条鲨的干制标本和7条鲨的冰冻标本被带回实验室。

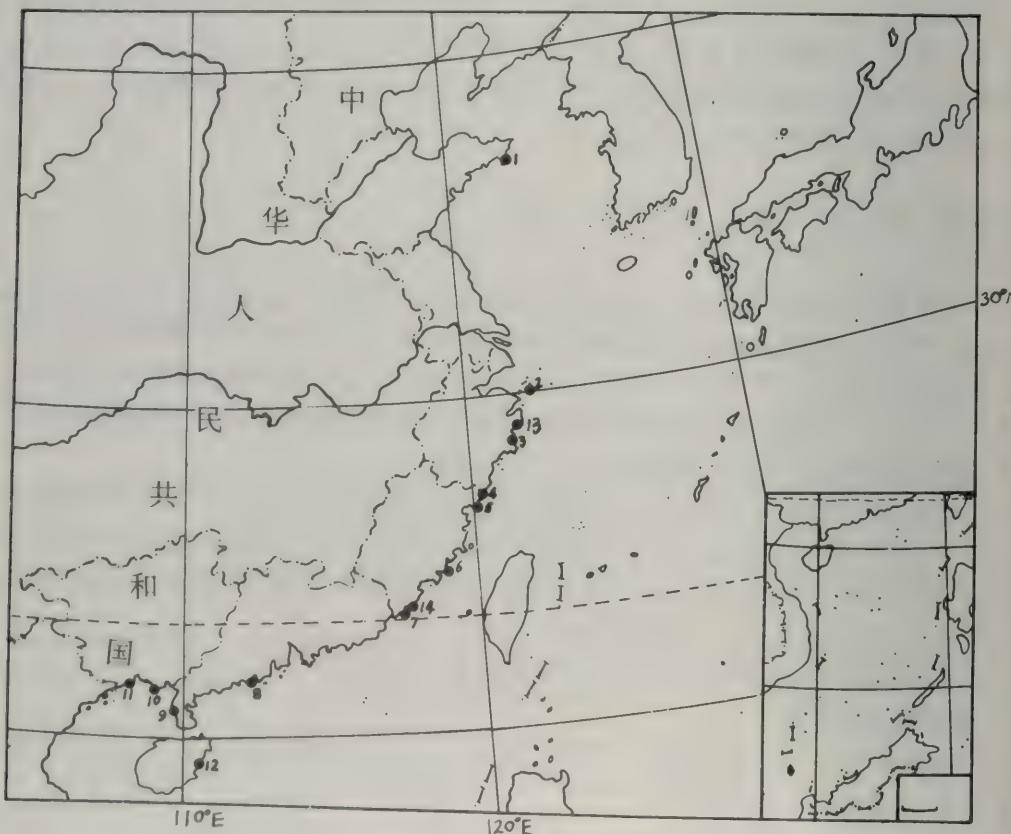


图1 所调查渔港的位置

1. 石岛港, 2. 沈家门港, 3. 椒江港, 4. 沙埕港, 5. 三沙港, 6. 崇武港, 7. 东山港, 8. 阳江港, 9. 企水港, 10. 北海港, 11. 防城港,
12. 谭门港, 13. 坎门港, 14. 佛翼港 (由于时间限制, 并没有到坎门港调查, 有关该港口的资料来自在椒江港的调查)

## 2 结果

### 2.1 中国沿岸渔业捕鲨的历史

我们调查的所有港口和渔村在解放前均有专门的捕鲨渔业,但由于渔船多为风帆船,规格较小,抗风浪的能力较弱,使作业区仅局限在水深小于40~100 m、离岸12~30海里(1海里=

1852m)以内的近岸和沿岸水域。当时使用的渔具主要有三类:①昂鲨钩(一种刺耙类渔具),又称姥鲨钩或姥鲛钩,这是捕姥鲨(*Cetorhinus maximus*)和鲸鲨(*Rhiniodon typus*)等大型种类的专用渔具。在福建沙埕港使用最多。②钓具类,最普遍的是鲨鱼延绳钓,其它还有鲨鱼纲、门、鳍纲等都是捕中小型鲨的。钓具类长约1000~2000 m,放置在5~20 m水深处。③刺网类,其中鲨鱼帘(沙埕、三沙)、深水帘(沙埕)、鲨鱼刺网(山东海阳)是专门捕鲨的,而三指帘、四指帘、八指帘(三沙、企水)、三重绫、大目绫等(三沙、东山、漳浦、阳江、企水、潭门等)在捕鲳鱼(*Stromateides* spp.)、金线鱼(*Nemipterus virgatus*)、带鱼(*Trichiurus* spp.)、鲷(*Pagrosomus* spp., *Priacanthus* spp.)、鳗等的同时也兼捕一定数量的鲨。刺网的长度和高度分别为2000~6000 m和10~20 m,其放置位置的水深一般浅于40 m。

50~60年代,捕鲨在沿岸的许多地区仍被视为一项传统的作业方式,在渔业中曾占有重要的地位并得到过一定程度的发展。如福建省1960年以前的产量呈上升趋势,1956~1965年的年产量平均在3000 t以上,1960年达4430 t,为历年之最。1965年以后就逐渐减少,至1973年时仅约1000 t(图2)。1973年以后的捕鲨规模较小且缺少记录。关于鲨鱼产量减少的原因,根据与渔民的交谈和问卷调查可归结为以下几个方面:①机拖网和围网的迅速发展,使海洋捕捞作业走向单一化,劳力发生转移。②直接捕鲨尤其是钓鲨有很高的技术要求,且劳动强度大、经济效益低、安全性差、饵料贵,所以逐渐为其它更简单、安全的渔业方式淘汰。③当时大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)、小黄鱼(*P. polyactis*)、带鱼和鱿鱼等的资源丰富,比捕鲨更有利可图。④随渔船马力和吨位的增加,渔场向外海推移,作业区可达100 m等深线以外,近岸的捕鲨渔业被忽视。

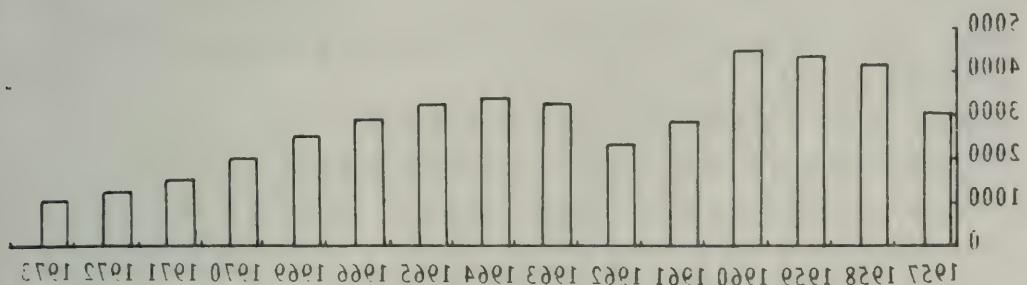


图2 1956~1973年福建省的鲨鱼产量(根据福建省水产厅提供的资料)

根据福建的资料,该省在50年代中期到60年代中期的捕鲨量约占全国的1/3,那么,可估计当时全国的捕鲨量约为10500 t。

70~80年代以后到现在,只有少数地区如浙江省玉环县的坎门镇和广东省阳江市的一些渔港保留着捕鲨作业,规模普遍较小。主要使用的渔具是鲨鱼延绳钓。东平港、闸坡港和沙扒港总共约有110艘70~220 kw、30~80 t的钓船在闽南、浙南及台湾海峡一带的外海作业,年捕鲨量约11000 t,可占该市渔业总产量的3.06%和全省渔业总产量的0.80%。坎门镇仅有10余条船捕鲨,其马力和吨位均比阳江的低,年产量仅约500 t。根据我们的调查,在中国沿岸的其它港口没有专门的捕鲨渔业,因此可以认为,中国沿岸的直接捕鲨量总共约11500 t。

## 2.2 中国沿岸渔业捕鲨量

据在福鼎、三沙、漳浦和东山等4县的调查,现在每年捕获的鲨鱼占总产量的比例最高为0.69%,最低的为0.02%,平均为0.46%,以此乘以各省的海洋捕捞总产量可粗略地计算出

1994年福建、广东、浙江、广西和海南的鲨鱼兼捕量分别为6640 t、6302 t、6716 t、1242 t和1081 t,加上在广东阳江和浙江坎门的直接捕鲨量,合计在东海和南海(含台湾海峡和北部湾)1994年共捕鲨33481 t。

为了验证上述结果的可靠性,这里再使用另一种计算方法。

根据渔民和水产部门的介绍并结合实地调查,发现不同渔具对鲨的兼捕能力不同(表1)。在前述的五大类渔具中,兼捕率最高的是钓具类,平均可达9.90%,其次是刺网类,平均为0.12%,最低是拖网、围网和张网类,平均仅0.06%。

表1 不同渔具对鲨的捕获率

渔港	拖网、张网、围网类(%)	刺网类(%)	钓具类(%)
三沙	0.05	0.10	-
企水	0.06	0.14	8.4
阳江	-	-	12.6
潭门	0.06	-	8.6
平均	0.06	0.12	9.9

表2 部分省沿岸渔业的渔具组成情况

省/区	拖网类(%)	刺网类(%)	钓具类(%)	定置网(含张网和定刺网)(%)	围网类(%)
浙江省	45.8	25.2	3.6	21.9	3.3
福建省	45.5	18	4.0	21.5	11
广东、海南省和广西壮族自治区	71	15.3	4.7	(定置网和围网类合计) 9	

根据表2,可以计算出各省的鲨鱼兼捕率(取各种渔具鲨鱼兼捕率的加权平均值而得):

浙江省的鲨鱼兼捕率 =  $71\% \times 0.06\% + 25.2\% \times 0.12\% + 3.6\% \times 9.9\% = 0.43\%$ 。

同理可推,福建省的鲨鱼兼捕率为0.46%,广东、海南和广西的为0.53%。

以这些值可计算出浙江、福建、广东、广西和海南的捕鲨量分别是6278 t、6640 t、7261 t、1431 t和1246 t,加上直接捕鲨量,总计34356 t,略高于前一种计算结果,两者均明显地高于60~70年代的鲨鱼产量。综合两种方法可以认为1994年在东海和南海的年捕鲨量约为33481~34356 t。由于缺乏沿岸各省捕鲨量的更系统的资料,这个结果显然不是绝对的,只是一个大致的估计。但两种方法得出相似的结果说明这个结果是比较可信的。

显然,由于拖网、刺网和围网等的大规模发展,兼捕的鲨鱼量的增多,总的捕鲨量在这个时期不仅没有减少反而增加了。由于渔船的马力和吨位及渔船渔具的规格和数量仍在不断发展,可以预料,在一定时期内我国鲨的产量还会有所增加。

尽管如此,鲨鱼捕捞在中国沿岸的渔业中并不占有重要的地位。如前所述,各省的鲨鱼兼捕率仅在0.43~0.53%之间,远低于主要经济鱼类的产量。根据对59位渔民捕鲨量的问卷调查,单船年产量0.1~3 t,占总捕捞产量的比例最高的为2.5%,最低的为0.02%,平均仅0.26% ± 0.12 (n=59)。

### 2.3 中国沿岸渔业兼捕的鲨类

调查中在渔港和鱼市上共见到28种鲨,加上山东一些水产局提供的资料及青岛水族馆的标本,还有另外的10种鲨有捕捞记录,共计38种(表3)。依Compagno(1984)所用的分类系统,这些鲨隶属8目15科26属。其中六鳃鲨目1科1属1种,虎鲨目1科1属2种,鼠鲨目4

科 5 属 6 种, 须鲨目 2 科 2 属 4 种, 真鲨目 4 科 13 属 21 种, 角鲨目 1 科 1 属 2 种, 扁鲨目和锯鲨目各 1 科 1 属 1 种。

根据每种鲨的发现次数, 个体数和重量, 可以认为路氏双髻鲨、尖头斜齿鲨、条纹斑竹鲨、日本翅鲨和沙拉真鲨是主要的捕获对象。

表 3 中国沿岸渔业兼捕的鲨

种类	发现 频次	个体 总数	重量 kg	各省的个体数					
				FJ	GD	GX	H	S	Z
肩头哈那鲨 <i>Notorynchus platycephalus</i>								+	-
狭纹虎鲨 <i>Heterodontus zebra</i>	2	3	1.65			3			
宽纹虎鲨 <i>H. japonicus</i>								+	
条纹斑竹鲨 <i>Chiloscyllium plagiosum</i>	12	79	60.15	75	+	3	1		
灰斑竹鲨 <i>C. griseum</i>	1	3	1.20		3				
点纹斑竹鲨 <i>C. punctatum</i>	1	1	0.44		1				
豹纹鲨 <i>Stegostoma fasciatum</i>	3	5	120		1		4		
浅海长尾鲨 <i>Alopias pelagicus</i>	1	1	85		1			+	
弧形长尾鲨 <i>A. vulpinus</i>								+	
灰鲭鲨 <i>Isurus oxyrinchus</i>	2	2	17.5	1				1	
噬人鲨 <i>Carcharodon carcharias</i>								+	
姥鲨 <i>Cetorhinus maximus</i>								+	
鲸鲨 <i>Rhiniodon typus</i>	1	1	1500					+	1
沙氏锯尾鲨 <i>Galeus sauteri</i>	1	7	1.05	7					
阴影绒毛鲨 <i>Cephaloscyllium isabellum</i>					+			+	
梅花鲨 <i>Haleelurus burgeri</i>	1	11	2.2	11					
斑鲨 <i>Atelomycterus marmoratus</i>	1	30	20		30				
皱唇鲨 <i>Triakis scyllium</i>								+	
灰星鲨 <i>Mustelus griseus</i>	2	2	2.1	2				+	
白斑星鲨 <i>M. manazo</i>								+	
日本翅鲨 <i>Hemitriakis japonica</i>	4	46	100	46					
三齿鲨 <i>Triaenodon obesus</i>	1	1	0.60			+			
尖头斜齿鲨 <i>Scoliodon laticaudus</i>	19	292	221.2	64	+	200	1	+	8
沙拉真鲨 <i>Carcharhinus sorrah</i>	10	27	102.4	2	7				18
黑印真鲨 <i>C. dussumieri</i>	4	7	6.95	6				+	1
乌翅真鲨 <i>C. melanopterus</i>	4	4	4.40	1	1				2
侧条真鲨 <i>C. amblyrhynchos</i>	2	7	125	7					
阔口真鲨 <i>C. plumbeus</i>	1	1	11		1			+	
短尾真鲨 <i>C. brachyurus</i>	1	1	5.5	1					
硬鼻真鲨 <i>C. macloti</i>	1	5	10.0						5
居氏鼬鲨 <i>Galeocerdo cuvier</i>	2	2	55	2					
大青鲨 <i>Prionace glauca</i>	1	1	35	1					
路氏双髻鲨 <i>Sphyrna lewini</i>	15	234	449.5		161	32		+	37
无沟双髻鲨 <i>S. mokarran</i>	1	1	12.5			1			
白斑角鲨 <i>Squalus acanthias</i>								+	
长吻角鲨 <i>S. mitsukurii</i>								+	
星云扁鲨 <i>Squatina nebulosa</i>	1	1	0.75			1			
日本锯鲨 <i>Pristiophorus japonica</i>					+			+	

+ : 根据水产局提供的资料或问卷调查, FJ:福建, GD:广东, GX:广西, H:海南, S:山东, Z:浙江

## 2.4 不同渔具对鲨的捕捞

有关渔具与捕鲨之间关系的资料较少。直接捕鲨的渔具中, 目前仍在使用的主要有鲨鱼

延绳钓。广东阳江和浙江坎门共有约 120 艘船使用此种渔具,每年的 5~9 月作业,产量约 11500 t,约占全国捕鲨总量的 1/3。其它如鲨鱼帘、昂鲨钩等仅偶有使用,产量也极低。拖网则可能是兼捕鲨的主要渔具类型,因为本次调查发现的 28 种鲨中除姥鲨、鲸鲨及三齿鲨外均有被拖网兼捕的记录。另外几类渔具捕获的鲨鱼见表 4。

表 4 刺网、围网、张网、钓具及其它渔具捕获的鲨鱼

种 类	捕捞的渔具类型				
	刺网	围网	张网	钓具	其它
条纹斑竹鲨	+	+	+	+	
灰鲭鲨	+				
噬人鲨	+				
姥鲨					+
鲸鲨					+
沙氏锯尾鲨	+				
灰星鲨	+	+	+	+	
三齿鲨	+				+
尖头斜齿鲨	+	+	+	+	
沙拉真鲨	+				
乌翅真鲨	+				+
路氏双髻鲨	+	+	+		

### 3 讨论

#### 3.1 渔业活动对鲨种群的影响

中国沿岸现在的捕鲨量约为 33481~34356 t,即使不计其中的直接捕鲨量,也比 50~70 年代的总捕鲨量要高,反映现有的渔业活动对鲨的捕捞压力并未因直接捕鲨业的减少而下降,相反有进一步上升的趋势。同时,尽管有捕捞记录的鲨可达 38 种,但占主要比例的则只有 5 种。渔业活动对这些种的影响是值得特别注意和需要进一步研究的问题。

Anderson 于 1980 年估计在联合国粮农组织划分的第 21 和 31 渔区(分别为北大西洋和中大西洋西部)的最大持续捕捞量(MSY)为 25000 t,其中在美国大西洋沿岸水域的为 16250 t (Manire 和 Gruber, 1990)。尽管我们还不知道中国水域鲨的 MSY,但从中国的海岸线与美国东海岸的长度大致相似估计它不会和 16250 t 的水平相差太远。那么,中国水域 33481~34356 t 的鲨鱼捕捞量很可能已经超过了该水域鲨类资源的 MSY。

我们专门向渔民调查了捕获种类的历史变化。尽管由于缺乏鲨的分类学知识,绝大部分渔民的确不知道被捕捞的鲨在种类组成上是否有或有什么样的变化,但所有的渔民对“这些年你(船)的捕鲨量是在增加还是减少”的回答都是“减少”或“显著减少”,揭示了单位捕捞渔获量的减少和鲨类资源量的下降。而且渔民普遍认为以前(直到 70 年代末和 80 年代初)各种渔具(拖网、围网、刺网、钓具和昂鲨钩等)每年均能捕获一定数量的大鲨,主要有鲸鲨、姥鲨和大青鲨等。福建水生村的一些渔民在 50 年代曾用昂鲨钩专门捕上吨重的鲨鱼。而现在 100~200 kg 的鲨就算是很大的了。调查期间发现的绝大部分鲨的体长小于 1 m,体重低于 1 kg,最大的 1 条是 1995 年 7 月 14 日在椒江港发现的鲸鲨,体长 6 m,重 1500 kg。另据报纸报道,1995 年 9 月在浙江大陈岛附近海域捕到一条体长 15 m,体重 9 t 的鲸鲨。不过渔民说这种大鲨已经极少发现了。这说明中国的沿岸渔业中部分鲨(特别是大型鲨)的种群数量已较过去有所减少。与大型鲨数量减少形成对比的就是幼鲨占据较高的比例。调查中发现的鲨,90% 以上的个体体长小于 1 m,体重低于 1 kg。从表 5 可发现:1. 仅有一个种达到它们的最大体长。2. 只

有极少数鲨在海洋生态系统中居于特殊重要的地位,作为海洋食物链的顶级动物,对海洋生态系统的稳定有不可忽视的作用。鲨生长缓慢,性成熟时间迟,每胎的产仔数少,与硬骨鱼类相比,繁殖潜力要低得多,是典型的K-对策者(Musick,1995),不加控制的捕捞在20~30年内就可能使其濒危(Manire和Gruber,1990)。根据我们的调查,中国沿岸的渔业已经减少了一些鲨,尤其是大型鲨的种群数量,并对前述的5种鲨,特别是路氏双髻鲨和尖头斜齿鲨有一定的捕捞压力。由于鲨类特殊的生活史特点使其不能承受长期大规模的捕捞,渔业活动对这些种类的影响程度应该引起我们的注意。

表5 调查中记录的鲨鱼体长与鲨鱼最大体长及性成熟体长的比较

种类	调查中记录的体长(单位:m)			该物种的最大体长(单位:m)	性成熟体长(单位:m)	
	最小	最大	平均		雄性	雌性
狭纹虎鲨			0.6(n=1)	1.22	0.84	-
条纹斑竹鲨	0.51	0.82	0.64±0.16	0.95	0.67~0.69	0.95
灰斑竹鲨			≈0.50(n=3)	≥0.74	-	-
点纹斑竹鲨			≈0.50(n=30)	1.04	-	-
豹纹鲨			≈1.5(n=5)	3.54	1.47~1.83	1.69~1.71
浅海长尾鲨			≈2.5(n=1)	3.00	1.92	>2.60
灰鼠鲨	0.65	1.23	0.94(n=2)	3.94	1.95	2.80
鲸鲨			6(n=1)	13.7	-	>5.62
梅花鲨			<0.50(n=2)	0.49	0.36~0.43	0.45
斑鲨			<0.50(n=30)	0.70	0.47~0.62	0.49~0.57
沙氏锯尾鲨	0.39	0.39	0.39(n=2)	0.45	0.36~0.38	0.42~0.45
灰星鲨	0.30	0.87	0.59(n=2)	1.01	0.62~0.71	0.80
日本翅鲨			<1.0(n=46)	1.20	0.85~1.01	0.81~1.02
三齿鲨			<0.5(n=1)	2.13	1.04~1.05	1.05
尖头斜齿鲨	0.39	0.61	0.52±0.09(n=15)	0.74	0.24~0.36	0.33~0.35
沙拉真鲨	0.72	1.05	0.92~0.18(n=3)	1.60	1.60	1.15~1.18
黑印真鲨			0.40~0.50(n=5)	1.00	0.65~0.70	0.70~0.75
乌翅真鲨	0.63	0.88	0.71±0.13(n=6)	2.00	0.91~1.00	0.96~1.12
侧条真鲨	0.51	2.50	1.08±0.97(n=7)	1.67	-	-
阔口真鲨			1.01(n=1)	3.00	1.31~1.78	1.44~1.83
硬鼻真鲨	0.68(n=1)	≤1.00	0.69	0.76~0.89		
居氏鼬鲨	1.40~1.50 (n=2)	≤5	2.26~2.90	2.50~3.50		
大青鲨			≈1.50(n=2)	3.83	1.82~2.81	1.73~2.21
路氏双髻鲨	0.53	0.66	0.58±0.05(n=7)	3.7~4.2	1.40~1.65	2.12
无沟双髻鲨			>1.0(n=1)	5.5~6.1	2.34~2.69	2.50~3.00
星云扁鲨	0.67(n=1)	>1.63	-	-		

注:各种鲨的最大体长和性成熟时的体长数据取自 Compagno (1984);\*:该数据由目测所得; -:没有资料记载

国外已有一些有关鲨鱼生态学的报道(Musick,1995; Mckibben和Nelson,1986),但国内还缺少这方面的研究。需要对主要捕获种类的资源量、种群生物学尤其是种群动态、繁殖生物学等进行研究,查明这些鲨的种群现状及渔业活动对其影响的程度,进而对鲨类资源的持续利用和物种保护提供依据。鲸鲨和姥鲨的数量已经较过去明显减少,需要优先考虑对它们的研究和保护。在这两种鲨鱼种群现状被查明之前,建议在近岸水域禁止捕捞鲸鲨和姥鲨。另外,北大西洋西部的阔口真鲨的资源量在过去10年中因过度捕捞减少了85%~90%,种群的年龄结构也变得以幼年组为主,已被认为是严重濒危的物种(Musick,1995)。本次调查中我们仅收集到一条阔口真鲨的标本,需要开展进一步的研究以证明这是否反映了阔口真鲨在中国水

域因过度捕捞而处于较低的种群水平。

一旦某些鲨的濒危或受胁地位得到确认,就需要采取一些保护措施。由于鲨的生长繁殖和硬骨鱼类不同而和海兽有一定的相似性,可以借鉴一些在海兽资源管理中已经使用过并被证明是有效的措施(本等,1991),如通过确定MSY对主要捕获对象的捕捞实行限额制;规定在特定水域对这些种类的捕获量;规定捕获鲨中幼鲨的比例等,从而达到对鲨类资源的持续利用。

### 参 考 文 献

- 成庆泰,郑葆珊.1987.中国鱼类系统检索(上,下).北京:科学出版社
- 孟庆闻,朱元鼎,李生.1985.南海深海猫鲨科4新种.海洋与湖沼.16(1):43-50
- 王唯伟.1984.鲨鱼的药用.海洋药物.3(1):39-40
- 许为群,何方法,徐冠雄.1985.鲨鱼血清在体外对人白血病细胞的杀伤效应.海洋药物.4(4):1-5
- 朱元鼎,孟庆闻.1979.中国软骨鱼类的侧线管系统及罗伦氏管和罗伦氏管系统的研究.上海:上海科技出版社
- 朱元鼎,王幼槐.1970.论中国软骨鱼类的地理分布和区系特征.动物学报.16(4):674-689
- 朱元鼎,孟庆闻,李生.1984.中国角鲨科一新种.海洋与湖沼.15(4):283-286
- 本和美,加藤秀弘,田中昌一(主编).1991.鲸类资源の研究と管理.东京:恒星社厚生阁
- Compagno, L. J. V. 1984. FAO species catalogue (Volume 4: Sharks of the World). United Nations Development Program and Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Castro, J. I. 1993. The sharks of North American waters. Texas: Texas A&M University Press
- Manire, C. A. and S. H. Gruber. 1990. Many sharks may be headed toward extinction. Conservation Biology. 4(1):10-11
- Mckibben, J. N. and D. R. Nelson. 1986. Patterns of movement and grouping of grey reefsharks, *Carcharhinus amblyrhynchos*, at Enewetak Atoll, Marshall Islands. Bulletin of Marine Science. 38:89-110
- Musick, J. 1995. Critically endangered large coastal sharks, a case study: the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus* (Nardo, 1827). Shark News. (5):6-7

## SHARK FISHERIES IN CHINA AND ITS IMPACTS ON SHARK POPULATIONS

Yang Guang, Zhou Kaiya, and Xu Xingrong

(Biodiversity and Molecular Evolution Laboratory, Nanjing Normal University, Nanjing 210097)

Direct shark fisheries existed in the coastal waters of China before 1960's, which used Ang-shagou (a kind of rakes and pricks), lines, and gillnets as the main gear types. The size of the fisheries has been reduced since mid-1970's. However, along with the great development of motorized trawling, surrounding netting, and stow netting, etc., incidental shark catches went up since 1980s. The total shark catches were approximately 33,481-34,356 tons in the East China and South China Seas in 1994. A total of 38 shark species were recorded during the survey, which represent 8 orders, 15 families, and 26 genera. *Sphyrna lewini*, *Scoliodon laticaudus*, *Chiloscyllium plagiosum*, *Hemitraikes japonica*, and *Carcharhinus sorrah* are common species in shark catches. Currently the main gear used in direct shark fisheries is shark longlines, whereas trawl net is the main gear type for incidental shark catch. The population size of some sharks, especially those with

larger body, has decreased. Moreover a certain degree of catch pressure is still on the above mentioned 5 species, particularly *Sphyraña lewini* and *Scoliodon laticaudus*. The conservation of sharks in Chinese coastal waters is also discussed.

**Key words:** Shark, Catches, Survey, Conservation

## 中华秋沙鸭在黑龙江省的现状及其保护

刘伯文<sup>1</sup> 赵正阶<sup>2</sup> 王 勇<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 东北林业大学淡水动物生态研究站, 黑龙江带岭 153106)

(<sup>2</sup> 吉林省林业科学研究院) (<sup>3</sup> 黑龙江省伊春林业科学院)

**摘要** 中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)繁殖期仅分布于远东地区。在黑龙江省曾经分布于整个小兴安岭和东部老爷岭的镜泊湖地区。但通过近几年来的调查, 在黑龙江省仅小兴安岭的永翠河流域还有少量分布, 且数量不超过6对。是目前能确认的中华秋沙鸭在黑龙江省的唯一繁殖地。其种群急剧减少的原因是: ①森林大面积的采伐, 特别是河边大树的砍伐, 使其失去了营巢环境。②由于在河中下药毒鱼以及河中小鱼、塔姑(*Cambaroides dauricus*)的大量被捕捞, 使其食物来源减少。③河中大量的鱼网, 使中华秋沙鸭在潜水时常被网缠住, 窒息而死。④由于管理和宣传力度不够, 中华秋沙鸭常被当做一般的野鸭而猎杀。保护措施: ①在永翠河流域建立中华秋沙鸭自然保护区。加强管理和宣传力度, 增强民众的保护意识。②禁止在划定区域内的任何形式的狩猎和捕捞活动。保证食物来源和减少干扰。③禁止在划定区域内砍烧材、伐树(包括枯立木)和扩大开荒面积。④在大树缺乏的河段悬挂人工巢箱, 以招引更多的中华秋沙鸭在此营巢繁殖。⑤在永翠河重新引进东北塔姑, 增加中华秋沙鸭的食物来源。以上保护措施同样有利于在这里栖息的毛腿鱼鶲(*Ketupa blakistoni*)和鸳鸯(*Aix galericulata*)的生存。

**关键词** 中华秋沙鸭 现状 保护 黑龙江 小兴安岭 永翠河

中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)属雁形目(Anseriformes)、鸭科(Anatidae), 个体略小于常见的绿头鸭, 嘴红色, 尖长, 上嘴端部有钩。头部具羽冠。雄鸟头部黑而具绿色金属光泽。背部黑白相间。两胁具黑色鳞状斑, 故又名鳞胁秋沙鸭。雌鸟头颈部棕褐色, 背部灰褐色。两胁具灰褐色鳞斑。夏候鸟, 每年4月上旬迁至繁殖地, 栖息于林区有鹅卵石的小河, 营巢于靠河边的大青杨和老榆树的天然树洞中, 中华秋沙鸭的食物主要是塔姑(*Cambaroides dauricus*)、小型冷水鱼、水生昆虫等。其越冬地比较分散, 主要在我国的四川、湖北、湖南、贵州、福建和广东等地(郑作新, 1987)。也偶见于浙江省的千岛湖。个别年份也有少数个体在鸭绿江下游越冬, 在俄罗斯境内的繁殖群, 有一定数量在当地越冬。

中华秋沙鸭在繁殖期仅分布于远东地区的山林溪流环境, 由于其分布地域狭窄, 而且数量逐年减少, 处于极度濒危状态, 已被列入国际自然与自然资源保护联盟(IUCN)和国际鸟类保护联合会(ICBP, 现称国际鸟盟 Bird Life International)编写的世界濒危动物红皮书(King, 1979)和世界濒危鸟类红皮书(King, 1981)中, 在中国和俄罗斯均被指定为国家的一级保护动物。

我们自1994年夏季以来对黑龙江省的中华秋沙鸭繁殖地进行了全面的调查, 并查阅了有关资料。现将结果和保护建议报告如下。

## 1 繁殖分布地和数量

### 1.1 国外

中华秋沙鸭在国外主要分布于俄罗斯远东的哈巴罗夫斯克边区的南部和滨海边区,主要栖息在布列亚山东麓的库尔河,锡霍特—阿林山脉西侧的霍尔河、比金河、伊曼河以及锡霍特—阿林山脉东侧的一些小河(Dement'ev 等,1966~1970)。但其种群数量在逐年减少。中华秋沙鸭目前在俄罗斯远东地区大约有950对(Bocharkov,1990)。在朝鲜,过去一直认为是旅鸟或迷鸟,但在1986年5月,在咸镜北道城川水上游的马养贮水池确认了3只,并拍到了照片,其中的一对似正处于发情期(郑钟烈,1987)。说明中华秋沙鸭在朝鲜北部可能也有少量的繁殖个体。

### 1.2 国内

过去:曾分布于大兴安岭北段的内蒙古境内、小兴安岭和长白山地。在内蒙古东北部的红花尔基,中国科学院动物研究所曾于1956年采到过一只幼鸟,东北林业大学也于1979年在附近泰来县境内采到过标本。地处长白山地北段的境泊湖地区,曾经是中华秋沙鸭的首次发现地(1864),1931年在该地区还曾见到4只中华秋沙鸭幼鸟(Dement'ev 等,1966~1970)。在小兴安岭,根据我们调查和采访当地老猎人得知,汤旺河流域在50年代初还是茂密的原始森林,向老猎人展示中华秋沙鸭图片,多数回答见到或捕到过这种“尖嘴鸭子”。而给其看风头鸽鸽图片,回答“这是王八鸭子,山里很少”,可见猎人没有弄错。这说明了在森林未开发之前中华秋沙鸭曾广泛分布于汤旺河及其各支流。同时也说明了小兴安岭曾是中华秋沙鸭在东北地区分布的中心地带。

现在:在吉林省的长白山地区还有少量分布(赵正阶,1994)。大兴安岭北段内蒙古自治区境内18年来没有采集到或观察到中华秋沙鸭的报道。在黑龙江省境内,东部山地的镜泊湖地区于70年代末还有见到中华秋沙鸭的传闻,但没有文章报道,我们曾于1982年和1989年7月两次进入该地区调查与采访,均没见到此鸟和听到有关此鸟的消息。在小兴安岭,我们于1994年8月至1996年4月,对整个伊春地区进行了全面的调查,结果是:汤旺河及其主要支流西南岔河两岸的林木几乎全部采伐,多数河段两岸已变为农田,中华秋沙鸭的栖息生境早已经荡然无存;在60~70年代还有中华秋沙鸭分布的翠峦河、尖山河等小河,其两岸已经没有可供其营巢的老龄大树;位于伊春地区南部带岭区的永翠河流域过去中华秋沙鸭的数量较多,黑龙江省的中华秋沙鸭标本多数采自该地区,但根据近几年的调查,其数量仅维持在6对左右。并且是黑龙江省能确认的中华秋沙鸭的唯一繁殖种群。

## 2 种群减少的主要原因

### 2.1 分布地面积的缩小

中华秋沙鸭是在树洞中营巢的鸟类。由于近几十年来森林被大面积的砍伐,尤其河流两岸树木的砍伐,首先使其营巢的环境缩小,使其分布地逐渐变成孤岛状。

### 2.2 不合理的渔猎

中华秋沙鸭的食物主要是林区溪流中的小型鱼类、蝲蛄、水生昆虫等,但由于在河流中下药毒鱼、炸鱼、电击等毁灭性的违法捕鱼方式,致使河中小鱼减少、蝲蛄灭绝,使中华秋沙鸭的食物来源也相应减少;河中大量的鱼网,常使潜水捕食中的中华秋沙鸭被鱼网缠住,窒息而死。

### 2.3 管理和宣传力度不够

有关部门对国家颁布的“野生动物保护法”以及自然保护、环境保护等法规的贯彻执行和

宣传力度不够。通过采访得知,民众对上述知识掌握很少。因此,狩猎者常将中华秋沙鸭当做一般的野鸭而捕杀。



### 3 保护措施

#### 3.1 建立永翠河自然保护区

在伊春市带岭区的永翠河流域建立以保护中华秋沙鸭为主的林区溪流生态系统的综合性自然保护区。加强宣传和管理力度,提高民众的素质,增强当地群众对自然保护和环境保护的意识。具体采取如下措施:

- (1) 在划定的区域内禁止任何形式的狩猎和捕捞活动,保证中华秋沙鸭的食物来源和减少干扰。
- (2) 在划定区域内禁止伐树(包括枯立木)、砍烧柴和扩大开荒面积。
- (3) 在划定的区域内,缺乏可供其营巢大树的河段,悬挂人工巢箱,以招引更多的中华秋沙鸭在此营巢繁殖。

(4) 在永翠河流域重新引进东北铭站,增加中华秋沙鸭的食物来源。

### 3.2 意义

在中国,目前能确认的中华秋沙鸭繁殖地除了吉林省长白山以外,就只有小兴安岭南部的永翠河流域了。因此,带岭地区的永翠河流域是目前国内中华秋沙鸭的重要栖息地。在永翠河流域建立中华秋沙鸭自然保护区有利于保存物种的多样性。永翠河流域的中华秋沙鸭已经引起了国际鸟类保护组织的重视,1994年10月,日本野鸟之会常务理事、国际鸟盟亚洲负责人市田则孝先生和日中鸟学交流研究所的桂千惠子女士访问带岭后,于1995年向伊春市带岭区政府提出了保护中华秋沙鸭的建议。

美国的鸟类专家和英国皇家鸟类学会的研究人员也曾专程到带岭考察中华秋沙鸭。对中华秋沙鸭的保护和研究,有益于开展国际间的交流。永翠河流域的溪流环境中,目前还栖息有同是树洞营巢的国家级保护鸟类鸳鸯分布,以及在80年代以前还曾有分布的中国最大的猫头鹰—毛腿鱼鸮。对中华秋沙鸭的保护措施,同样有利于上述鸟类的生存和恢复。由于过去无节制的渔猎,致使永翠河中的细鳞鲑(*Brachymystax lenok* 俗名细鳞鱼)、哲罗鲑(*Hucho taimen* 俗名哲绿)、江鳕(*Lota lota* 俗名山鳡鱼)等名贵鱼类数量变得极少;过去有一定数量的名贵的毛皮动物水獭(*Lutra lutra*)现已基本绝迹。对中华秋沙鸭的保护措施,同样有利于保护和恢复上述溪流生态环境中的动物物种。另外,通过建立自然保护区,对河两岸植被的保护,可以减少永翠河流域的水土流失。对带岭地区及其下游的环境保护也将会起到一定的作用。

### 参 考 文 献

- 赵正阶等.1994.中华秋沙鸭的繁殖数量、分布和保护策略.见中国鸟类学会水鸟组.中国水鸟研究.上海:华东师范大学出版社,61~65
- 郑钟烈.1987.朝鲜半岛稀少鸟类.东京:朝鲜大学校
- Bochmnikov, V. N. 1990. Current status of the Chinese merganser (*Mergus squamatus*) in Russia. *Bull. Inst. Ornith. Kyung Hee University III*
- Cheng Tso-hsin. 1987. A *Synopsis of Avifauna of China*. Beijing: Science Press
- Demen'ev, G. P. and N. A. Gladkov (editors). 1966~1970. Birds of the Soviet Union Volume IV (translated from Russian). Jerusalem: Israel Program for Scientific Translation
- King, W. B. 1979. Red Data Book 22 Aves IUCN 110 Morges. Switzerland
- King, W. B. 1981. *Endangered Birds of the World the ICBP Birds Red Data Book*. Washington. D. C: Smithson. Instit. Press

## THE CURRENT STATUS AND CONSERVATION OF THE CHINESE MERGANSER (*MERGUS SQUAMATUS*) IN HEILONGJIANG PROVINCE, CHINA

*Liu Bowen<sup>1</sup>, Zhao Zhengjie<sup>2</sup>, Wang Yong<sup>3</sup>*

(<sup>2</sup>Forestry Academy of Jilin Province)

(<sup>3</sup>Yichun Forestry Academy of Heilongjiang Province)

Chinese mergansers (*Mergus squamatus*) are only distributed in the Far East region in their

breeding period. In Heilongjiang Province, they were once found to occur in the Xiaoxinganling Mountains and in the Jingpohu Lake of the eastern Laoye Mountain. According to a survey conducted in recent years, however, only a very small number of individuals, not more than six pairs, were found to occur in the reaches of the Yongcui River in the Xiaoxinganling Mountains. Thus, at present this area is the only breeding place of Chinese mergansers in Heilongjiang Province. The reasons of the sharp decline of the population size of this species might be summarized as follows: 1) The cutting of large areas of forests, particularly those along rivers consisting of big trees, have destroyed its nesting habitats . 2) Over – fishing and poisoning have caused rapid decrease of the number of fish, and another kind of animal, *Cambaroides dauricus*, which constituted its main source of food . 3) It was often strung in the fishing nets to death. 4) Owing to poor management, it was often killed as common wild duck. To protect this species effectively, we consider that the following measures should be adopted . 1) To establish a nature reserve for it in the reaches of the Yongcui River , and meanwhile ,to strengthen management and to publicize the knowledge about it. 2)To forbid hunting and fishing in the reserve.3)To forbid cutting and burning of trees in the reserve . 4)To set up man – made nests along the Yongcui River in places where there is no big tree. 5) To reintroduce the animal, *Cambaroides dauricus*, into the Yongcui River to guarantee the food source. It should be noted that the measures mentioned above are also beneficial to the protection of other two species of birds, *Ketupa diakistoni* and *Aix galericulata* , both of which also live in this area.

**Key words:** Chinese Merganser, Status, Conservation, Heilongjiang, Xiaoxinganling Mountains, Yongcui river

## 海南南湾半岛蝴蝶生物多样性

黄文忠 李艳红 肖维良 张剑锋<sup>1</sup> 江海声

(广东省昆虫研究所,广州 510260)

**摘要** 本文共记录海南南湾半岛蝴蝶 9 科 69 属 100 种,以黄襟蛱蝶 *Cupha erymanthis erymanthis* Drury, 橙黄粉蝶海南亚种 *Eurema blanda hylama* Corbet, 达摩凤蝶黎坝亚种 *Papilio demoleus libanius* Fruhstorfer, 利比尖粉蝶 *Appias libythea* Fabricius, 青粉蝶海南亚种 *Pareronia valeria hainanensis* Fruhstorfer, 纤粉蝶 *Leptosia nina* Fabricius, 翠袖锯眼蝶海南亚种 *Elymnias hypermnestra hainana* Moore, 幻紫斑蝶海南亚种 *Euploea core amymone* Godart 为当地蝴蝶的优势种。当地一年四季都有大量蝴蝶活动,种类和数量以夏季为最多,南湾蝴蝶的 Simpson 指数  $\lambda = 0.07$ ; PIE 指数  $PIE = 0.84$ ; Shannon-Wiener 指数  $H' = 3.12$ ; Pielou 指数  $J' = 0.71$ ; Whittaker 指数  $\beta_{ws} = 6.22$ 。南湾蝴蝶种类和数量都比较多,如何合理开发利用蝴蝶资源是一个值得探讨的问题。

**关键词** 南湾 蝴蝶 生物多样性

海南岛是我国第二大岛,属热带气候(余国扬,1985),以丰富的热带和亚热带野生生物资源而闻名,虽然迄今对海南生物资源作过大量的调查,在昆虫方面也作过不少研究(陈振耀,1985; 梁铭球,1985; 刘举鹏等,1995; 丁岩钦,1995),中国林业科学研究院(1995)报道了尖峰岭历年来调查的生物名录,但是长期以来对海南生物多样性的专题研究甚少,尚未见有对海南特定的保护区开展较全面的综合性的生物多样性研究报道,为了探索适合海南这一热带地区生物多样性的研究方法,促进海南生物多样性的研究,我们对海南南湾自然保护区的野生动物、植物、昆虫及滩涂生物等进行了较全面的生物多样性调查和研究,本文就南湾蝴蝶的生物多样性的调查和分析结果作一报道。

### 1 调查及分析方法

南湾半岛的自然地理概况详见 Jiang 等(1991)的报道。

#### 1.1 野外调查

分别于 1994 年 11~12 月和 1995 年 2 月及 6~7 月进行野外采集,调查各季节蝴蝶种类及其相对多度,并于 95 年 6~7 月在地图上将保护区及小部分外围区域划成 50 个  $0.5 \text{ km} \times 0.5 \text{ km} = 0.25 \text{ km}^2$  的样方格,然后随机选择 26 个样方格进行采集,每个样方点 4 人于上午用扫网采集 2 h,统计各样方的蝴蝶种类和个体数,进行群落分析。

#### 1.2 统计及分析方法

记录所有采集的蝴蝶种类数,作物种—面积和  $\alpha$  多样性比较分析,样方点的调查记录种类

\* 本研究是广东省科学院优秀中青年基金和海南省林业局资助项目,承海南省林业局及南湾省级保护站的大力支持,标本承中山大学梁铭球教授和本所伍杏芳女士鉴定,海南南湾省级自然保护区参加野外调查,谨致深切谢意

<sup>1</sup> 工作单位海南南湾省级自然保护区

数及每种的个体数,进行主成份分析,然后就季节的变化进行比较分析,并进行 $\beta$ 多样性分析。 $\alpha$ 和 $\beta$ 多样性分析及聚类和主成份分析参照马克平(1994)、Magurran(1988)和钟扬(1990)的方法,分别选择 Simpson 指数、PIE 指数、Shannon-wiener 指数、Pielou 均匀度指数、Whittaker 指数、Jaccard 指数及 Sorenson 指数来分析南湾蝴蝶的 $\alpha$ 和 $\beta$ 多样性(黄文忠等,1996)。

## 2 结果

### 2.1 物种多样性

本研究记录南湾半岛蝴蝶 100 种(亚种),分属 9 科 69 属(表 1),其中蛱蝶科的黄襟蛱蝶 *Cupha erymanthis erymanthis* Drury 占全部标本的 15.6%,粉蝶科的紫黄粉蝶海南亚种 *Eurema blanda hylama* Corbet 占 7.9%,利比尖粉蝶 *Appias libythea* Fabricius 占 5.7%,青粉蝶海南亚种 *Pareronia valeria hainanensis* Fruhstorfer 占 4.3%,纤粉蝶 *Leptosia nina* Fabricius 占 3.9%,凤蝶科的达摩凤蝶黎坝亚种 *Papilio demoleus libanius* Fruhstorfer 占 6.5%,眼蝶科的翠袖锯眼蝶海南亚种 *Elymnias hypermnestra hainana* Moore 占 4.9%,斑蝶科的幻紫斑蝶海南亚种 *Euploea core amymone* Godart 占 4.6%,以上 8 种占全部个体的 53.3%,为当地蝴蝶优势种群。

表 1 南湾半岛蝴蝶科、属、种的数量及分布

序号	科名	属数	种数	比例 (%)	优势种
1	凤蝶科 Papilionidae	9	17	17.0	1
2	粉蝶科 Pieridae	10	15	15.0	4
3	斑蝶科 Danaidae	6	11	11.0	1
4	蛱蝶科 Nymphalidae	14	20	20.0	1
5	眼蝶科 Satyridae	3	3	3.0	1
6	珍蝶科 Acraeidae	1	11.0	0	
7	蝶科 Riodinidae	1	2	2.0	0
8	灰蝶科 Lycaenidae	15	19	19.0	0
9	弄蝶科 Hesperiidae	10	12	12.0	0
合计		69	100	100	8

根据文献资料(伍杏芳,1988;华立中,1992),我们选择内伶仃岛、鼎湖山两个不同类型保护区与南湾进行比较,以便对南湾蝴蝶的多样性作进一步的比较研究,结果见表 2。

表 2 南湾与其他保护区蝴蝶的一些统计资料

地点	纬度	气候类型	调查面 积(km <sup>2</sup> )	物种 / 面积		与南湾 共有种	相似性指数(C <sub>s</sub> /C <sub>f</sub> )		
				科数	种数		南湾	内伶仃	鼎湖
南湾	18°23'	热带海洋季风	10.0	9	100	10.0	\	0.17	0.30
内伶仃	22°24'	亚热带海洋季风	5.5	8	43	7.8	21	0.29	\
鼎湖山	23°08'	亚热带季风	11.0	9	128	11.6	52	0.46	0.35

### 2.2 气候因子对南湾蝴蝶物种多样性的影响

南湾蝴蝶的种类及个体数量随季节不同而变化,为了分析气候因子对南湾蝴蝶季节性变化的影响作用,我们将南湾蝴蝶种类及数量的季节变化及各季节的气温、雨量、日照时数等有关气候因子统计结果列于表 3。

对表 3 各季节蝴蝶种群特征及各气候因子作主成份分析,结果表明:第一、第二主成份的累计贡献率达到 99.0%,其中第一主成份中以月均日照时数的影响作用最大,第二主成份中以月均雨量的影响作用最大,不同季节作为调查点在各气候因子空间排序结果见图 1、图 2。

表 3 南湾半岛气候和蝴蝶种群的季节变化情况

项 目		2月(A)	6~7月(B)	11~12月(C)	共有种
气候因子	a:月均气温(℃)	21.6	28.2	21.3	
变化情况	b:月均雨量(mm)	4.0	214.1	52.4	
	c:月均雨日(d)	2.7	15.9	6.2	
	d:月均日照时数	147.0	235.7	195.3	
蝴蝶数量	e:种 类	42	85	48	25
变化情况	f:个 体 (%)	11.0	63.9	25.2	
	g:平均每种个体	3.2	9.2	6.5	

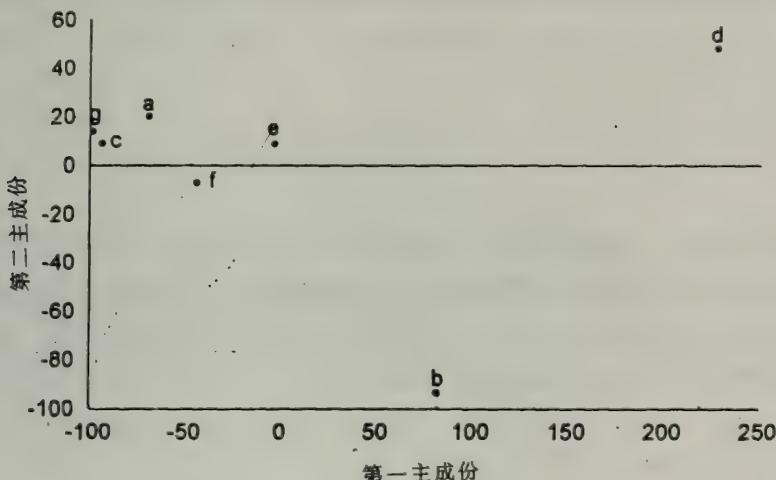


图 1 不同季节蝴蝶种群及气候因子在两个主成份上的排序

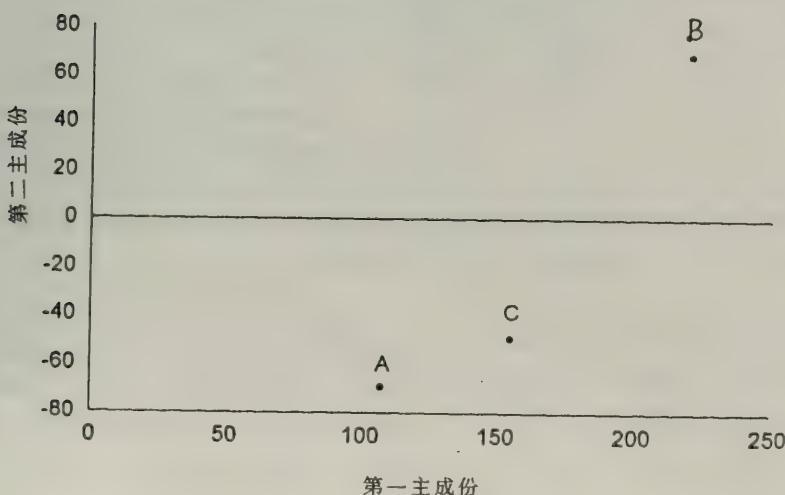


图 2 蝴蝶种群调查结果在各气候因子两个主成份上的排序

### 2.3 群落多样性

为检验样方点的调查结果与南湾蝴蝶实际分布情况的相符程度,参照张金屯(1995)的方法,作累积物种( $S_{(N)} = \sum S_i$ ;  $S_i$  为第  $i$  个样方以前的所有样方都未出现的物种数)及各样方累积平均物种数( $SP_i = \sum SP_i/N$ ;  $SP_i$  为第  $i$  个样方采集的物种数)与调查样方数的关系曲线分

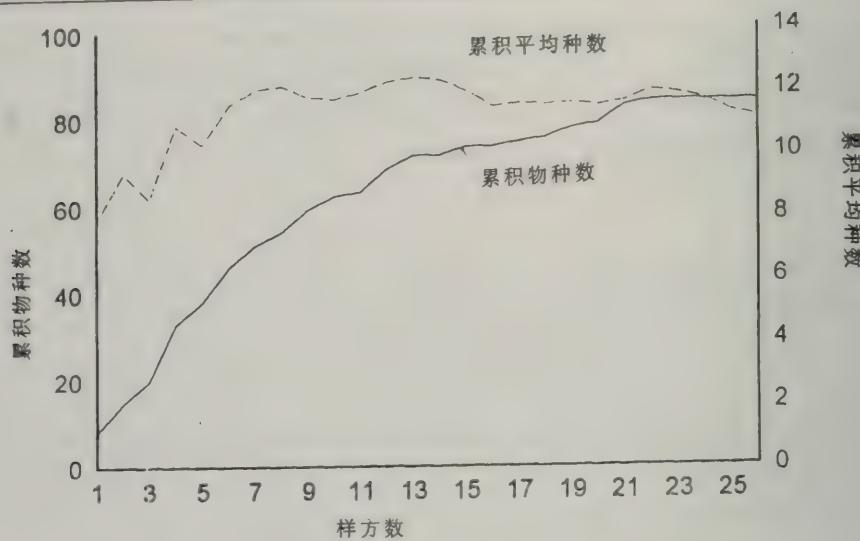


图3 南湾蝴蝶调查样方数与累积物种数及累积平均物种数的关系图

析(图3),曲线显示,在样方数达到21之前,随着调查点的增加,物种数也逐渐增加,之后的调查中物种数已经稳定,累积平均物种数从21以后随着调查点的增加逐渐减少,实际调查结果也是从21个样方以后没有再增加新的种,表明样方数已经足够,事实上样方以外的采集只比样方点增加一个种。以样方中各种蝴蝶个体数为性状指标统计数作主成份分析,以了解影响南湾蝴蝶群落结构的主要蝴蝶类群,结果见表4。

表4 南湾半岛蝴蝶群落主成份分析表

主成份	特征根	主成份 贡献率	主成份累 积贡献率	蝴蝶种类	第一主成 份负荷量	第二主成 份负荷量
第一主成份	1988.16	56.49	56.49	黄襟蛱蝶	36.16	-7.60
第二主成份	492.03	13.98	70.47	达摩凤蝶海南亚种 檗黄粉蝶海南亚种 利比尖粉蝶 纤粉蝶	15.95 9.12 17.84 7.97	

对南湾蝴蝶进行 $\alpha$ 及 $\beta$ 多样性分析得出南湾蝴蝶的几个多样性指数:Simpson指数 $\lambda = 0.07$ ,PIE指数 $PIE = 0.84$ ,Shannon-Wiener指数 $H' = 3.12$ ,Pielou指数 $J' = 0.71$ ,Whittaker指数 $bws = 6.22$

### 3 讨论

我国蝴蝶种类据李传隆(1992)统计为1200余种,周尧(1994)统计为1339种,可分为11个科(伍杏芳,1988)。蝴蝶种类虽然繁多,但各地分布不同,我们的调查结果表明:南湾半岛有蝴蝶100种(亚种),分属9科69属,其中以蛱蝶科、灰蝶科、凤蝶科的种类最多。蝴蝶是南湾最常见、最引人注目的昆虫类群之一,一年四季都可以看到大量蝴蝶在活动,包括当地最冷的月份都可以见到大量蝴蝶在活动,其中以夏季的种类和数量为最多,11~12月次之,2月份又略少一些。由于当地无明显的冬季,最冷月份月均气温高达21.3℃,因此,南湾蝴蝶季节性分布具有较明显的热带分布特征,而不像温带、寒带地区的昆虫那样有明显的季节区别,而且南湾蝴蝶种类由于长期适应当地特殊的气候和各种生境条件而形成当地亚种,其种类分布具有浓厚的地方分布特点,海南亚种占了全部蝴蝶种类的20.0%。

对三个季节南湾蝴蝶种类和数量在各气候因子作空间排序发现6~7月份南湾蝴蝶的群

落结构与其他两个季节区别较大,其他两个季节之间较为接近,对各气候因子作主成份分析后发现,造成这些区别的气候因子中以月均日照时数和月均雨量的影响作用最大。当地无明显冬季,却有较明显的旱雨季,6~7月的月均雨量较其他两季丰富,因此月均雨量对南湾蝴蝶群落结构的影响作用较大。对南湾蝴蝶群落结构影响较大的蝴蝶种类经过主成份分析证明:在第一、第二主成份负荷量最大的前三种蝴蝶中都有黄襟蛱蝶。其他四种为:达摩凤蝶黎坝亚种、聚黄粉蝶海南亚种、利比尖粉蝶、纤粉蝶,这五种是影响南湾蝴蝶群落结构的主要类群,事实上它们也是南湾蝴蝶中数量最多最常见的几种。

与其他保护区比较可以看到,南湾蝴蝶的物种面积比与鼎湖山的比较接近,比内伶仃岛的高许多,相似性指数也是南湾与鼎湖山的比南湾与内伶仃岛的高。结果表明,南湾与鼎湖山保护区的蝴蝶物种丰富程度比较接近,比内伶仃岛要高;前两者的物种相似程度也比南湾与内伶仃岛要高,这说明,前两者的气候或其他生态因素比较适于蝴蝶类昆虫的生长繁衍,物种比较丰富,而内伶仃岛是一个孤岛有其独特的昆虫分布特点。

#### 4 小结

海南南湾半岛地处热带,气温较高,无明显的冬季,一年四季都有大量蝴蝶活动,蝴蝶物种和数量比较丰富,不乏美丽而有观赏价值的种类,海南南湾半岛是著名的旅游胜地,每年都有大量的游客前来观光,国内外越来越流行利用蝴蝶干标本制作各式各样的精美装饰品、有地方特色的旅游纪念品,而且价格不菲,因此如何合理开发利用当地丰富的蝴蝶资源是一个值得探讨的问题。

#### 参 考 文 献

- 陈振耀.1985.海南岛尖峰岭蝽科昆虫考察报告.生态科学.(2):95~96  
丁岩钦.1995.中国东亚飞蝗新蝗区——海南热带稀树草原蝗区的研究.生态学报.15(1):12~21  
华立中.1992.内伶仃岛自然保护区昆虫调查初报.生态科学.(1):79~92  
黄文忠等.1996.海南南湾自然保护区蝗虫生物多样性的研究.昆虫天敌.18(3):131~138  
李传隆.1992.中国蝴蝶图谱.上海:上海远东出版社  
梁铭球.1985.海南岛尖峰岭蝗虫考察报告.生态科学.(2):97~98  
刘举鹏等.1995.海南岛蝗虫的研究.杨陵:天则出版社  
马克平.1994.生物多样性的测度方法.见钱迎倩,马克平(主编).生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科学技术出版社,141~165  
伍杏芳.1988.岭南绿洲蝴蝶.北京:学术期刊出版社  
余国扬.1985.海南明珠——海南岛.广州:广东省地图出版社  
张金屯.1995.植被数量生态学方法.北京:中国科学技术出版社  
中国林业科学研究院.1995.海南岛尖峰岭地区生物物种名录.北京:中国林业出版社  
钟扬等.1990.数量分析的方法与程序.武汉:武汉大学出版社  
周尧主编.1994.中国蝶类志.郑州:河南科技出版社  
Jiang Haisheng et al.1991. Population ecology of Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) at Nanwan Nature Reserve, Hainan, China. Amer. J. Primatology. 25:207~217  
Magurran, A. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. New Jersey: Princeton University Press

## BIODIVERSITY OF BUTTERFLIES IN NANWAN PENINSULA, HAINAN

Huang Wenzhong, Li Yanhong, Xiao Weiliang, Zhang Jianfeng, Jiang Haisheng  
(Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260)

One hundred species (including subspecies) of butterflies, which represent 9 families and 69 genera, have been recorded in the Nanwan Nature Reserve, Hainan Province. Eight taxa have the largest number of individuals. They are *Cupha erymanthis* Drury, *Eurema blanda hylama* Corbet et Pendlebury, *Papilio demoleus libanius* Fruhstorfer, *Appias libythea* Fabricius, *Paeronia valeria hainanensis* Fruhstorfer, *Leptosia nina* Fabricius, *Elymnias hypermnestra hainana* Moore and *Euploea core amymone* Godart. Butterflies can be found all the year round in this nature reserve, but the largest number of the species and of the individuals was found in summer, and then in spring, while the smallest in winter. The biodiversity indexes of the butterflies in this reserve are as follows: Simpson index  $\lambda = 0.07$ ; PIE index  $PIE = 0.84$ ; Shannon - Wiener index  $H' = 3.12$ ; Pielou index  $J' = 0.71$ ; Whittaker index  $\beta_{ws} = 6.22$ . The butterflies in Nanwan are rich in number of the species and of the individuals. The rational exploitation of this rich resource of butterflies is a problem worthy of further study.

**Key words:** Nanwan, Butterfly, Biodiversity

## 三亚鹿回头岸礁造礁石珊瑚移植的初步研究

于登攀 邹仁林 黄晖

(中国科学院南海海洋研究所,广州 510301)

**摘要** 在对现存群落结构的现状和动态进行研究的基础上,1994年12月在海南三亚鹿回头珊瑚礁自然保护区约2000 m<sup>2</sup>面积的海区内,从邻近礁体上选择移植了造礁石珊瑚14属、30种共200个群体。移植后22个月,43个珊瑚群体死亡或失踪,其余157个群体正常生长,平均成活率为78.50%。本文对移植后死亡群体的死亡原因进行了分析,为今后进一步改进造礁石珊瑚的移植技术提供依据。

**关键词** 鹿回头岸礁 造礁石珊瑚 移植

### 1 引言

近十几年以来,海洋环境的日益恶化,蓝色沙漠中的绿洲-珊瑚礁生态系统退化加剧的趋势已引起全球广泛的关注。1996年ICRI(Internatioanal Coral Reef Initiative)工作组在提交联合国持续发展委员会(UN Commission on Sustainable Development)的调查报告中指出:受人类活动的影响,世界珊瑚礁正处在万分危急的关头,10%已完全被毁,更多的珊瑚礁受严重威胁;如不及时采取有效的恢复保护措施,目前幸存的大多数也将难逃灭绝的厄运。80年代以来,在我国珊瑚礁的重要分布区的海南,随着沿海地区的迅速发展,珊瑚礁生态系统受人为破坏的程度更令人忧虑。据最近的调查,海南岛沿海岸礁的活珊瑚比60年代减少了95%;由于缺乏科学的管理保护措施,即使在三亚珊瑚礁自然保护区,也有约50%的石珊瑚种类已发生区域性绝灭。

如何促进退化珊瑚礁生态系统的恢复,将是珊瑚礁科学领域一个长久的热点问题。在绝大多数情况下,造礁石珊瑚是珊瑚礁生态系统中的“框架”群落,珊瑚礁生态系统的恢复也首先从造礁石珊瑚的重新生长发育开始。有关造礁石珊瑚移植的试验研究已在世界各地多次开展过,学者们的研究也表明移植造礁石珊瑚是促进被破坏珊瑚礁恢复的重要措施。然而,从已发表的研究报告中可以看出,以往同类研究往往有以下不足之处:为移植而移植,对试验区原有的珊瑚群落缺乏了解;在对移植种类和地点的选择上缺乏依据,带有盲目性;很少考虑不同种类的石珊瑚对栖息生境要求的差异。因此,移植珊瑚的成活率较低,一般在50%左右或更低;此外,由于对移植区原有造礁石珊瑚群落缺乏应有的了解,从试验结果中所能了解到主要是从异地移植的珊瑚能否在另一礁体正常生长;而对于如何促进退化珊瑚礁生态系统的恢复,仅能提供十分有限的生长数据,难以提出有效的珊瑚礁恢复措施提供必需的理论和实践依据。

本项研究较以往的同类研究有所创新之处在于:我们关注的不单是移植的珊瑚能否正常生长,而是更多地着眼于促进造礁石珊瑚在群落整体水平上的恢复。在本项试验研究开始之

前,作者首先对移植试验区原有的石珊瑚群落结构的过去、现状及动态进行了调查研究,并对受破坏后造礁石珊瑚群落的自然恢复过程进行了分析和预测。试验中把从以上研究得出的认识为理论依据,进行移植种类和地点的选择,同时还改进了珊瑚群体与移植基座间的粘接技术。移植珊瑚的成活率较以往的同类试验有进一步提高,为将来开展大规模移植石珊瑚、促进受破坏珊瑚礁生态系统恢复、提高近岸水域生产力及建造水下旅游景观打下了一定的科学基础。

表 1 鹿回头岸礁造礁石珊瑚移植的试验结果

移植种类		试验结果					
属	种	总数	成活数	成活率 (%)	生长率 (mm/a)	死亡数	死亡原因
<i>Acropora</i>	<i>A. brueggemannii</i>	6	5	83.33	85.20	1	W
	<i>A. corymbosa</i>	6	75.00	6	4.46	2	B,C
	<i>A. humilis</i>	6	4	66.67	13.62	2	W
	<i>A. prostrata</i>	8	6	75.00	87.32	2	W
<i>Monitipora</i>	<i>M. cristagalli</i>	6	3	50.00	25.80	3	C
	<i>M. hispida</i>	6	4	66.67	36.18	2	B
	<i>M. sinensis</i>	8	6	75.00	31.40	2	C
<i>Pavona</i>	<i>P. frondifera</i>	4	2	50.00	21.68	2	B
<i>Turbinaria</i>	<i>T. peltata</i>	6	3	50.00	36.10	3	B
<i>Cyphastrea</i>	<i>C. serallia</i>	4	4	100.00	4.43	0	
<i>Favia</i>	<i>F. matthaii</i>	6	6	100.00	8.67	0	
	<i>F. palauensis</i>	8	7	87.50	8.21	1	C
	<i>F. speciosa</i>	6	6	100.00	9.50	0	
<i>Goniastrea</i>	<i>G. aspera</i>	4	4	100.00	6.01	0	
	<i>G. pectinata</i>	8	7	87.50	5.32	1	C
	<i>G. retiformis</i>	6	4	66.67	4.69	2	C
	<i>G. yamanari</i>	8	6	75.00	7.06	2	W
<i>Hydnophora</i>	<i>H. microconos</i>	4	3	75.00	9.72	1	B
<i>Platygyra</i>	<i>P. crosslandi</i>	8	7	87.50	8.68	1	C
	<i>P. gracillisis</i>	6	5	83.33	11.20	1	W
	<i>P. rustica</i>	4	3	75.00	6.14	1	W
<i>Galaxea</i>	<i>G. fascicularis</i>	8	6	75.00	8.26	2	C
	<i>G. lamarck</i>	8	6	75.00	9.35	2	C
<i>Pocillopora</i>	<i>P. damicornis</i>	12	10	83.33	69.41	2	C,W
	<i>P. ligulata</i>	4	3	75.00	71.50	1	W
<i>Porites</i>	<i>P. andrewsi</i>	6	6	100.00	18.32	0	
	<i>P. iwayamensis</i>	10	8	80.00	15.30	2	C
	<i>P. lutea</i>	10	9	90.00	7.38	1	C
<i>Goniopora</i>	<i>G. duofasciata</i>	8	6	75.00	34.00	2	W
<i>Psamocora</i>	<i>P. contigua</i>	4	2	50.00	6.47	2	B
总计		200	157	78.50		43	

\* 由于移植基座翻倒造成的死亡,以 W 表示; 移植珊瑚群体脱离基座,以 C 表示; 移植珊瑚群体仍在基座上,但已死亡,以 B 表示

## 2 材料与方法

本项试验研究于 1994 年 12 月,在三亚鹿回头珊瑚礁自然保护区的封闭观测区内进行(图 1),移植观测水域面积约 2000 m<sup>2</sup>。试验前对珊瑚礁不同地段的理化环境特征进行了调查分析,按不同地段受破坏的程度选择合适的地点,移植已发生区域性绝灭的种类,根据种间联结

关系和种群的空间分布格局进行不同种类的珊瑚移植时的物种配置; 同时参考群落演替过程中优势类群间的更替关系, 移植或补充相应阶段的优势种, 避免移植即将被更替的种类。试验步骤如下:

### 2.1 制作固定基座

材料为普通硅酸盐水泥, 中间置入钢筋及铁丝框起加固作用。基座为 50 cm × 50 cm × 10 cm 的方形, 中间预留直径为 15 cm 的圆孔以备植入珊瑚用。试验共使用水泥基座 200 块, 另还制作了同样尺寸但中间未留圆孔的水泥板 50 块用于对比。各基座均编号。

### 2.2 采集珊瑚

移植的珊瑚采自邻近的白排和小东海, 共采集珊瑚 14 属、30 种, 各个种的移植群体数量详见表 1。为防止珊瑚因出水时间过长而造成死亡, 采集的珊瑚块先集中放置在封闭观测区的海水中, 随用随取。

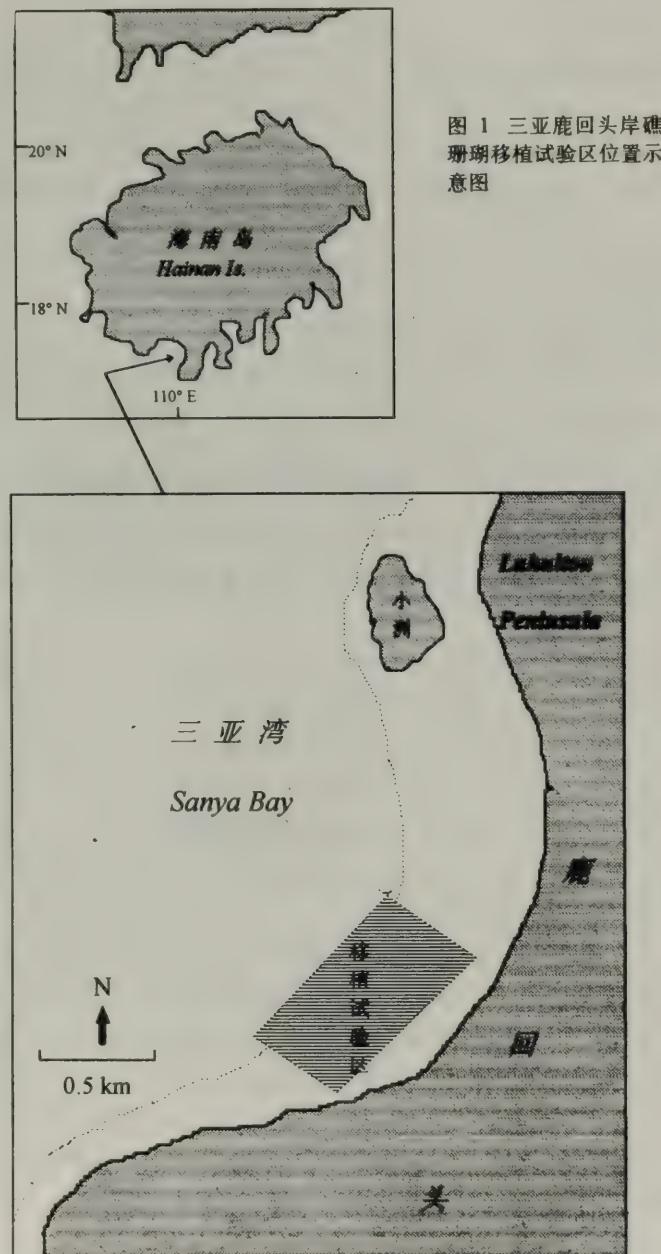
### 2.3 移植珊瑚

首先配制水下胶粘剂, 再按水泥、沙、水、胶粘剂以 1:2.5:0.4:0.4 的比例(均为重量比)混合, 然后把珊瑚块用胶粘剂固定在基座上预留的圆孔中, 静置约 30 分钟。感觉胶粘剂变硬时, 立即放到移植观测区中的计划地点。移植的珊瑚按垂直于岸线的直线方向分 4 列放置, 列与列之间间隔约 4 m。每列按 2 m 间隔各放置珊瑚 50 块。另按同样间隔放入 1 列(50 块)空白水泥板, 作为对照组。

## 3 结果与讨论

### 3.1 结果

根据 95 年 10 月和 96 年 10 月的观测, 结果统计总结于表 1。截至 1996 年 10 月, 移植的



200 个珊瑚群体中 43 个死亡或丢失, 另 157 个生长正常。移植成活率为 78.50%。调查中测量了存活的群体的线性生长率 (LGR: linear growth rate) :

$$L_{GR} = L_1 - L_0 \quad (1)$$

式(1)中  $L_0$  和  $L_1$  分别是 1995 年 10 月和 1996 年 10 月珊瑚群体的最大长度。结果表明, 移植珊瑚与自然生境中的珊瑚的生长率基本上没有明显差异。

表 2 移植到鹿回头岸礁 22 个月后石珊瑚的死亡群体数统计

	非生物学原因 珊瑚脱落(C)	基座翻倒(W)	生物学原因(B)
死亡群体数	19	13	11
占比例(%)	44.19	30.23	25.58

### 3.2 讨论

据现场观察所见, 移植珊瑚的死亡有以下 3 种情况:

(1) 水泥基座仍在原来的位置, 但移植的珊瑚已不在基座上, 此类移植失败的原因显然是因为珊瑚和基座的连结不牢固 (表 1 中以 C 表示)。

(2) 现场观测到移植用的水泥基座由于波浪冲击而翻倒, 移植珊瑚的残骸尚固定在基座上 (表 1 中以 W 表示)。推测死亡主要是基座翻倒后泥沙淤塞以及光照条件差所造成的;

(3) 水泥基座仍在原来的位置, 且移植珊瑚也在基座上, 这种死亡原因应主要是生物学方面的, 如移植群体不适应移植区的小生境, 或因移植时的损伤造成的病害等 (表 1 中以 B 表示)。

以上 3 类原因造成的移植珊瑚死亡分别占死亡珊瑚总数的 44.19%, 30.23% 和 25.58% (表 2)。其中, 由于非生物学原因造成的死亡合计占 74.42%, 而在 1994 年 12 月至 1996 年 10 月的 22 个月的观测期间, 移植试验区经历了风力 11~12 级的台风有 4 次之多。移植基座翻倒和珊瑚从基座上脱落绝大多数发生在较浅的水域 (< 2 m), 主要是由于台风引起的波浪冲击造成的。这也是国外进行的珊瑚移植中同样遇到的一个主要问题。由此可见, 把移植珊瑚放置在波浪作用较小的水域, 或增加移植基座的重量以增强抵抗波浪冲击的能力, 都有助于提高移植珊瑚的成活率。

表 1 中归类为生物学原因造成死亡的移植珊瑚群体占死亡总数的 25.58%, 远低于因非生物学因素造成的死亡率。同时, 我们注意到与这些死亡群体同种的其余群体却能够在类似的小生境中正常生长, 而且这部分死亡的珊瑚的形体多为易断的分枝状; 有鉴于此, 似可认为本项研究中对种类和地点的选择是合理的, 它们死亡的主要原因可能不在于对移植区的小生境的不适应, 而是因移植搬运时受损伤、移植时出水时间过长, 或由此引起的病害等造成的。此类珊瑚的移植应注意避免碰撞发生断裂, 并尽可能缩短在空气中暴露的时间。在移植珊瑚的实践中, 目前尚没有可完全在水下使用、高效的胶粘剂。研制效能更好的水下胶粘剂, 缩短移植珊瑚与基座间固化的时间, 抵御波浪的冲击, 同时要求对珊瑚无毒, 是人工珊瑚移植中有待改进的一项重要技术。这项技术对降低以上两类原因造成的移植珊瑚死亡率都有益处。

## A PRELIMINARY STUDY ON HERMATYPIC CORAL TRANSPLANTATION ON LUHUITOU FRINGING REEF, SANYA

*Yu Dengpan, Zou Renlin, Huang Hui*

(South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301)

Hermatypic coral transplantation was conducted on Luhuitou fringing reef, Sanya, Hainan in December, 1994, based on the studies on the present community structure and dynamics of the existing corals. 200 colonies belonging to 14 genera, 30 species were selected from nearby reefs and transplanted to Sanya Coral Reef Nature Reserve within an area about 2000 m<sup>2</sup>. After 22 months, 43 colonies died or were lost, the rest 157 grew well, with average survival rate being 78.50%. Reasons for the death of the transplanted corals were analyzed to provide a basis for the improvement of the technology of coral transplantation.

**Key words:** Luhuitou fringing reef, Hermatypic coral, Transplantation

## 纤维素酶产生菌的多样性

平文祥 孙剑秋 周东坡

(齐齐哈尔师范学院生物系, 齐齐哈尔 161006)

**摘要** 本文从纤维素酶产生菌的物种、生态、生理特征的多样性及其产物纤维素酶的种类、组分、分布和基因的多样性两个侧面论述了纤维素酶产生菌的多样性, 并对纤维素酶产生菌的研究策略进行了探讨。

**关键词** 纤维素酶产生菌 纤维素酶 多样性

纤维素是所有植物的主要组分, 构成了植物干物质的 1/3~2/3, 世界上纤维素的年产量估计可达  $4 \times 10^{10}$  t (Pierre Beguin, 1990), 因而, 纤维素是世界上最丰富而又不断新生的资源, 有取之不尽, 用之不竭的特点。然而, 这种资源的大部分现在是作为废物而被抛弃掉。在自然界中, 这些“废物”是通过纤维素分解菌, 即能产生纤维素酶的微生物将其自然分解的。因而, 对这类微生物的种群、生态、生理特征、遗传育种以及它们所产生的纤维素酶的种类、组分、分布、基因等的全面了解, 对于挖掘纤维素酶产生菌的资源, 充分利用纤维素这一丰富的资源是十分有益的。

### 1. 纤维素酶产生菌的多样性

#### 1.1 纤维素酶产生菌的物种多样性

能够产生纤维素酶, 分解纤维素的微生物主要存在于真菌(fungi)、放线菌(actinomycetes)、粘细菌(myxobacteria)和细菌(true bacteria)这几大类群中(Tor-Magnus Enari, 1983), 列出了 47 个属 80 多个种能产纤维素酶的微生物。在荒开基夫的基础上, 作者对近几年所报导的产纤维素酶的微生物, 做了大致的统计, 并对荒开基夫所列出的微生物做了部分补充, 其结果见表 1。

从表 1 可见, 能产纤维素酶的微生物的种很多, 仅产纤维素酶的真菌就已多达 68 个属。但是, 由于产纤维素酶的微生物种之多, 加之, 近几年来人们对纤维素酶产生菌的研究越来越重视, 有关报导越来越多, 详尽地列出纤维素酶产生菌的种不是一件容易的事情, Tor-Magnus Enari 认为详尽列出所有纤维素分解的真菌都是不可能的(Tor-Magnus Enari, 1983), 因此, 表 1 所给出的种只能是一个粗略的统计, 这一点也正是纤维素酶产生菌物种多样性的一个体现。

#### 1.2 纤维素酶产生菌生理生化特征的多样性

从形态上看, 纤维素酶产生菌是多种多样的, 在细菌中, 有杆菌(如 *Bacillus* sp.)、球菌(*Micrococcus roseus*)、弧菌(如 *Cellvibra* sp.), 另外, 在产生色素与否、芽孢的有无, 鞭毛及着生方式等诸方面纤维素酶产生菌都有其代表; 就真菌和放线菌而言, 几乎它们的所有形态类型, 在纤维素酶产生菌中都可见到。纤维素 56~55 酶产生菌的生理生化特征多样性与其形态特征的多样性相比, 更有意义, 因为诸如好氧或厌氧、中温菌或高温菌等特征, 直接关系到这些微生物的如何利用, 在纤维素酶产生菌中, 有的是好氧的或兼性厌氧的, 有的是厌氧的(见表 1);

有的是高温菌,如 *Bacillus thermoalcaliphilus*、*Ananerocellum thermophilum*、*Clostridium thermocellum*、*Clostridium acetobutylicum*、*Thermoactomyces* sp.、*Thermomonospora* spp.、*Chaetomium cellulolyticum*、*Chaetomium thermophile*、*Humicola* spp.、*Sporotrichum* spp.、*Talaromyces* spp.、*Thermoascus*、*Thielaviaterrestris* 等,有的是中温菌;有的是嗜碱的(Sarkar, 1991; Nakai 等, 1988 等),有的菌是嗜酸的(LdDuyA, 1986)。另外,对于碳源的利用也是多种多样的。在这些生理特征中,值得一提的是真菌的厌氧性问题,因为厌氧真菌的研究仅是近些年来才开始的,在以前的微生物教科书中,认为真菌是好氧或兼性厌氧的,没有厌氧的;厌氧真菌的纤维素酶活力很强,并且厌氧真菌具有很广泛的用途(Marcel, 1993);到目前为止所发现的厌氧真菌的主要特征之一是可以产生和分泌许多糖降解酶,包括纤维素酶和木聚糖酶,也可以说所发现的厌氧真菌都是纤维素酶产生菌,这也正是纤维素酶产生菌的生理特征的多样性的一个方面。

表 1 产纤维素酶的微生物

细菌(好氧或兼性厌氧)	
<i>Acidothermus Cellulolyticus</i>	<i>Celluibrio fulvus</i> *
<i>Bacillus megaterium</i>	<i>Celluibrio givus</i> *
<i>Bacillus thermoalcaliphilus</i>	<i>Celluibrio vulgaris</i> *
<i>Cellulomonas biazotea</i>	<i>Erwinia chrysanthemi</i>
<i>Cellulomonas flavigena</i> *	<i>Micrococcus roseus</i>
<i>Cellulomonas fimi</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i> *
<i>Cellulomonas uda</i> *	<i>Pseudomonas fulvus</i>
细菌(厌氧)	
<i>Acetivibrio cellulolyticus</i> *	<i>Clostridium thermocellum</i> *
<i>Anaerocellum thermophilum</i>	<i>thermocellaseum</i> *
<i>Bacteroides cellulosolvens</i>	<i>thermohydrosulfuricum</i>
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> *	<i>thermosaccharolyticum</i>
<i>Cillabacterium cellulosolvens</i>	<i>Fibrobacter succinogenes</i>
<i>Clostridium acetobutylicum</i> *	( <i>Bacteroides succinogenes</i> )
<i>Clostridium aldrichii</i> *	<i>Ruminococcus albus</i> *
<i>Clostridium cellobioparum</i>	<i>Ruminococcus flavefaciens</i> *
<i>Clostridium cellulolyticum</i>	<i>Ruminococcus parvum</i> *
<i>Clostridium stercorarium</i> *	<i>Treponema bryantii</i> *
放线菌(好氧)	
<i>Micromonospora bispora</i>	<i>Streptomyces thermodiastaticus</i>
<i>Micromonospora melanosporea</i>	<i>Streptomyces thermophilic</i> *
<i>Streptomyces albogriseolus</i>	<i>Streptomyces thermophilic</i> var. <i>Pingens</i>
<i>Streptomyces antibioticus</i>	<i>Streptomyces xylophagus</i>
<i>Streptomyces flavogriseus</i> *	<i>Thermoactinomyces</i> sp. *
<i>Streptomyces lividans</i>	<i>Thermomonospora curvata</i> *
<i>Streptomyces nitrosporeus</i>	<i>Thermomonospora fusca</i> *
<i>Streptomyces reticuli</i>	<i>Thermopolyspora</i> sp.
粘细菌(好氧)	
<i>Cytophaga johnsonae</i>	<i>Sporocytophaga myxococcoides</i>
<i>Cytophaga krzemieniewskae</i>	
真菌(好氧)	
<i>Acremonium</i> sp. *	<i>Coriolus Versicolor</i>
<i>Agaricus bisporus</i> *	<i>Curvalara lunata</i>

(续表)

真菌(好氧)	
<i>Allescheria terrestris</i>	<i>Didymium xanthopus</i>
<i>Alternaria alternata</i> *	<i>Drechslera rostrata</i>
<i>Arcyria ochroleuca</i>	<i>Fuligo septica</i>
<i>Arthrographis</i> sp.	<i>Fusarium accuminatum</i>
<i>Aspergillus aculeatus</i> *	<i>Fusarium avenaceum</i> *
<i>Aspergillus alleaceus</i>	<i>Fusarium lini</i> *
<i>Aspergillus carneus</i>	<i>Fusarium moniliforme</i> *
<i>Aspergillus flavus</i> *	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Aspergillus floetidus</i> *	<i>Fusarium solani</i> *
<i>Aspergillus fumigatus</i> *	<i>Ganoderma applanatum</i>
<i>Aspergillus japonicus</i>	<i>Geotrichum candidum</i>
<i>Aspergillus niger</i> *	<i>Gliomastix murorum</i>
<i>Aspergillus oryzae</i> *	<i>Glomus fasciculatum</i>
<i>Aspergillus phoenicis</i>	<i>Glomus mosseae</i>
<i>Aspergillus quadricinctus</i>	<i>Humicola grisea</i>
<i>Aspergillus saitoi</i> *	<i>Humicola grisea</i>
<i>Aspergillus sojae</i> *	<i>Humicola lanuginosa</i>
<i>Aspergillus sydowii</i>	<i>Hormiscium</i> sp.
<i>Aspergillus terreus</i> *	<i>Irpea lactea</i> *
<i>Aspergillus wentii</i> *	( <i>Polyporus tulipiferae</i> )
<i>Aureobasidium</i> sp.	<i>Lentinus</i> sp.
<i>Badhonia folicola</i>	<i>Lenzites elegans</i>
<i>Basidiomycetes oxiportus</i>	<i>Macrohomina phaseolina</i>
<i>Botryodiplodia theobromae</i> *	<i>Myrothecium verrucaria</i> *
<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Mycelopeltora cellulophilum</i> *
<i>Brettanomyces custersii</i>	<i>Mycelopeltora thermophila</i>
<i>Chaetomium cellulolyticum</i> *	<i>Mycosphaerella pinodes</i>
<i>Chaetomium globosum</i> *	<i>Mucorpusillus</i> sp.
<i>Chaetomium thermophile</i> *	<i>Neurospora crassa</i>
<i>Chaetomium trilaterale</i>	<i>Neurospora sitophila</i>
<i>Chrysotilia sitophila</i>	<i>Pellicularia filamentosa</i> *
<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Penicillium camemberti</i>
<i>Coprinus cinereus</i>	<i>Penicillium citrum</i>
<i>Penicillium decumbens</i>	<i>Robillarda</i> sp.
<i>Penicillium funiculosum</i> *	<i>Schizophyllum commune</i> *
<i>Penicillium iriensis</i>	<i>Sclerotium rolfsii</i> *
<i>Penicillium janthinellum</i>	<i>Scytalidium acidophilum</i>
<i>Penicillium notatum</i>	<i>Scytalidium lignicola</i> *
<i>Penicillium pinophilum</i>	<i>Sporotrichum cellulophilum</i>
<i>Penicillium purpurogenum</i>	<i>Sporotrichum dimorphosporum</i> *
<i>Penicillium putpurogenum</i> *	<i>Sporotrichum pruiniosum</i> *
<i>Penicillium variable</i> *	( <i>Chrysosporium pruiniosum</i> )
<i>Penicillium verruculosum</i> *	<i>Chrysosporium pulverulentum</i> *
<i>estalotiopsis westerdijkii versicolor</i> *	( <i>Chrysosporium lignorum</i> )
<i>Phlebia radiata</i>	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> )
<i>Phoma sorghina</i>	<i>Phanerochaete thermophile</i>
<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Stemoitidis oxifera</i>
	<i>Talaromyces emersonii</i> *

(续表)

真菌(好氧)	
<i>Pleurotus safor-caju</i> *	<i>Termictomyces clypatus</i> *
<i>Polyporus schweinitzii</i> *	<i>Thermoascus aurantiacus</i> *
<i>Polyporus versicolor</i>	<i>Thielavia terrestris</i> *
<i>Poria placenta</i> *	<i>Trametes sanguinea</i> *
<i>Pycnoporus cinnabarinus</i> *	<i>Trichoderma aureoviride</i> *
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Pyrenophaeta terrestris</i>	<i>Trichoderma koningi</i> *
<i>Pyricularia oryzae</i> *	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>
<i>Rhizopus javanicus</i> *	<i>Trichoderma pseudokoningii</i>
<i>Rhizopus oryzae</i>	<i>Trichoderma reesel</i> * ( <i>Trichoderma viride</i> )
	<i>Zygorhynchus californiensis</i>
真菌(厌氧)	
<i>Neocallimastix forntalis</i>	<i>Orpinomyces bovis</i>
<i>Neocallimastix hurleyensis</i>	<i>Orpinomyces joyonii</i>
<i>Neocallimastix patriciarum</i>	<i>Ruminomyces elegans</i>
<i>Caecomyces communis</i>	<i>Ruminomyces mucronatans</i>
<i>Caecomyces equi</i>	
<i>Piromyces communis</i>	
<i>Piromyces dumponica</i>	
<i>Piromyces mae</i>	
<i>Piromyces rhizinflata</i>	

带\*者,均引自荒开基夫的报导

### 1.3 纤维素酶产生菌生态环境的多样性

纤维素资源是最丰富的,纤维素物质的分布非常广泛,而自然界中,纤维素物质又是靠纤维素酶产生菌自然降解的,加之纤维素酶产生菌又具有生理特征的多样性,如嗜酸、嗜碱、高温、中温、好氧、厌氧等,这些都决定了纤维素酶产生菌的分布的广泛性和生态环境的多样性。除在一般生态环境中,如大田土壤、河流等,可以分离到纤维素酶产生菌外,在一些特殊生态环境和极端的生态环境下,也有纤维素酶产生菌的分布,甚至有的往往是优势种群。Sarkar A 在 Delhi 的半透气生态中,从高等白蚂蚁大量出没的土丘中分离到一株嗜热、嗜碱的纤维素分解新菌种 (Sark, 1991), Rahmatullah 等从 5 m 深的池塘底部分离到了厌氧的纤维素分解菌 (Rahmatullah 等, 1979)。堆腐是一个复杂的有多种微生物参加的天然纤维素及其他高分子化合物降解的生物学过程,因此,它是纤维素酶产生菌分离的很好的来源。林田晋策等从发酵的堆肥中分离到一株能在高温厌氧条件下分解纤维素生产酒精的 *Clostridium* sp. AH-1, Willem. H 从用于生产沼气的城市固体废物处理器中分离到了 10 株专性厌氧的、分解纤维素的细菌 (Benoit 等, 1992)。腐烂的或自体发热的秸秆堆、草堆、木材碎屑堆等也是纤维素酶产生菌的很好的来源。人们从腐烂的稻草、自体发热的木材碎片堆 (Grajek, 1988)、腐朽的木材 (Leal, 1944) 等生境中都分离到了纤维素酶产生菌。Sharma 等对森林枯枝落叶层细菌组成进行了研究,认为纤维素分解菌 *Cytophaga* 和 *Cellulomonas* 的 12 个菌株,是参与降解作用的主要细菌 (Sharm 等, 1992)。Vancouver et al. 对海洋纤维素酶产生菌进行了调查。发现 *Ascomycetes*、*Basidiomycetes* 和 *Deuteromycetes* 中的 40 个海洋真菌种,具有一定的产纤维素酶的能力 (Vancouver 等, 1992)。从棕榈油厂的残渣和流出物 (Prasertsan 等, 1992) 和大豆油厂、芝

麻油厂和酿酒厂的废弃物(Tan 等,1986)中也分离到了产纤维素酶的真菌。Tikhomirov 等从温泉中,分离到了一种极端嗜热厌气性细菌(*Anaerocellum thermophilum*),并对其所产生的高  
度热稳定的纤维素酶进行了研究(Tikhomirov 等,1992);Shiang 等从黄石国立公园的温泉中分  
离到了纤维素酶产生菌(Shiang 等,1990),Ivarson 等从铀矿的酸水中(PH2)分离到了嗜酸  
性纤维素分解菌。此外,人们埃高等蚂蚁的消化道(Paul. J.,1993)、羊的瘤胃、印度象的粪便  
(Marcel,1993)、莴苣根(Garcia-Garrido,1992)、珍珠叶枯萎的叶片(Nitharwal 等,1991)、腐烂  
的柠檬(Davis 等,1987)等生境中都分离到纤维素酶产生菌。

从特殊生境和极端生境中分离纤维素酶产生菌,是非常有意义的,因为它们所产生的酶在特  
殊条件下具有稳定性,并且用它们进行发酵生产时,往往不容易污染。

#### 1.4 遗传操作技术(genetic manipulation)的应用丰富了纤维素酶产生菌的多样性

纤维素酶产生菌的遗传育种,主要是通过诱变,原生质融合和基因操作等方式进行的。到  
目前为止,主要还是通过随机诱变,来选择纤维素酶超产变体和对分解代谢产物不敏感的突变  
体(Durand 等,1988; Pierre Beguin,1990),并且,这种手段在 *T. reesei* 中,收效最大,已获得了  
非常高的纤维素酶生产菌(*T. reesei* CL8417)。用原生质体融合育种也取得了一定的进展  
(Sandhu. 等,1992)。在基因操作方面,许多纤维素酶产生菌的一些产酶基因已经克隆(Val-  
maseda 等,1992; Mosolova 等,1993; Org 等,1993; Sharp 等,1992; Wood. ,1992),并在不产  
纤维素酶的 *S. cerevisiae* *E. coli*. *Lactobacillus plantarum*、*Klebsiella oxytoca* 等中表达,从而  
丰富了纤维素酶产生菌的多样性。

### 2 纤维素酶的多样性

纤维素酶产生菌是通过所产生的纤维素酶对纤维素进行分解的,因此,纤维素酶的多样  
性,也是纤维素酶产生菌的多样性的一个侧面。

#### 2.1 酶种类的多样性

能够降解结晶纤维素的所有微生物都分泌或多或少的复合的纤维素酶系,这样的酶系由  
许多特异性不同、作用方式不同的酶所组成,它们协同作用,分解纤维素(Pierre Beguin,  
1990)。

对于真菌来说,水解结晶纤维素至少需要 3 种酶的协同作用,即内切 1.4- $\beta$ -D-葡聚糖酶  
(EC3.1.1.4, CMCase)、外切 1.4- $\beta$ -D-葡聚糖酶(EC3.2.1.91 通常称为纤维二糖水解酶  
CBHs) 和  $\beta$ -D-葡萄糖苷酶(EC3.2.1.21)。对于细菌来说,所有纤维素分解菌都合成内切葡  
聚糖酶和  $\beta$ -葡萄糖苷酶或纤维二糖磷酸化酶(William 等,1991),具有外切葡聚糖酶(CBHs)  
的种类寥寥无几(Creuzet 等,1984)。

在不同的微生物种中,往往并不是这几种酶都存在的,即使都存在的话,各种酶的酶活也  
是有很大差异的,例如:*Trichoderma reesei* 是最好的纤维素酶产生菌,但是它的  $\beta$ -葡萄糖苷酶  
酶活却很低,而 *Aspergillus* 的  $\beta$ -葡萄糖苷酶酶活却很高(Sheldom,1987),并且两种不同来源  
的酶具有协同作用。这就暗示了,在自然界中,纤维素的降解不仅是多种酶的协同作用,往往  
也需要很多种微生物的协同作用。

#### 2.2 酶组分的多样性

许多研究者们对多种微生物的纤维素酶系进行了分离和纯化的研究(Tor-Magnus Enari,  
1983; William,1991; 王沁等,1993; 那安等,1985; 曲音波,1988)。研究发现,所有的三种主  
要类型的纤维素分解酶都含有多种组分,不同微生物所有的组分不同,同种微生物的各种组分

之间的差异主要表现在分子量、酶分子的含糖量、等电点、水解能力等方面。这些大量的酶蛋白的存在以及纤维素酶的比活力较低,这是影响纤维素酶实际应用的重要原因之一。

### 2.3 酶分布的多样性

纤维素酶存在的部位,不同微生物不同,不同酶组分存在部位也是不同的,另外还受营养条件的影响。范桂芳等研究了康氏木酶 Cx 的定位,发现 Cx 酶位于菌丝细胞壁的表面,较易脱落;有时位于质膜内侧与细胞壁之间(范桂芳等,1986),等研究土曲酶发现 Cx 酶位于细胞壁表面。Nolan 等研究绵酶的  $\beta$ -1.4-葡聚糖酶位于高尔基体、液泡周围、质膜与细胞壁之间以及细胞壁的表面。Yamane 等从荧光假单孢菌 (*Pseudomonas fluorescens* var. *cellulosa*) 分离了 3 个纤维素酶组分,c 位于细胞的周质而 A 和 B 主要位于胞外和培养基中。Berg 在研究深黄纤维弧菌时发现纤维素酶的部位与生长的碳源有关,生长在有葡萄糖和纤维二糖的培养基时,CMCase 几乎都在胞内,生长在有纤维素时则有较多的酶在胞外。了解纤维素酶的存在部位,对于生产纤维素的酶工艺具有参考价值。

### 2.4 酶基因的多样性

纤维素酶具有多样性,造成这种多样性的一个原因是翻译后的修饰作用,例如糖基化或蛋白酶解,另一个原因就是其酶基因本身的多样性。到目前为止,所研究的真正分解纤维素的微生物都含有一系列的酶基因。不同种间纤维素酶基因不同,例如:*C. thermocellum* 最少有 15 个 EG 基因,2 个木聚糖酶基因的 2 个  $\beta$ -葡萄糖苷酶基因,而另一个与它非常相似的嗜热 *Clostridium* sp. 却仅含有 4 个 EG 基因,1 个  $\beta$ -葡萄糖苷酶基因和 2 个木聚糖酶—外切葡聚酶基因,并且两个种之间基因的限制性酶切图也不同(Pierre Beguin,1990);同种不同株间,纤维素酶的基因也不同,例如:*Ruminococcus albus* 8 有 10 个不同 EG 基因 *R. albus* SY3 有 2 个 EG 基因,*R. albus* AR67 有 3 个 EG 基因,*R. albus* AR68 有 1 个,*F. albus* F-40 有 1 个 EG 基因;另外,基因的多样性还体现在同源基因的位置,内含子的数量和大小等方面的不同(Pierre Beguin,1990)。

## 3 关于纤维素酶产生菌的研究策略

3.1 纤维素是地球上最丰富的资源,能利用纤维素的微生物又具有物种的多样性和分布的广泛性,生态的多样性;现在发现的产纤维素酶的微生物,与其自然界中存在的相比,差的还很悬殊,仅对真菌来说,Tor-Mangus Enari 认为研究者们仅选择出了很少的种类(Tor-Magnus Enari,1983),由于选择方法的改进,近几年来发现了许多能产纤维素酶的微生物,有的是新属种甚至是新的类群,这也是一个证明;虽然现在已发现了很多能产纤维素酶的微生物,但从自然界中分离和选择产纤维素酶的微生物的研究,与其人们对木霉、曲霉、青霉等这些已证明产酶较多的微生物,产酶条件、酶系、育种等诸方面的研究相比,要少的很多很多;另外,虽然,像里氏木霉这样的菌种经诱变等手段,产酶水平不断提高,但这种改造的潜力不会是无限的,而现在新从自然界中选择出的微生物,就产某种纤维素酶来说,已接近或达到了多次诱变后的木霉水平。因此,应重视纤维素酶产生菌的分离和筛选工作,丰富纤维素酶产生菌的资源和基因库,为诱变育种和基因工程以及酶的研究奠定基础。

3.2 纤维素酶产生菌具有物种的多样性,生态环境的多样性,它们所产生的酶也具有多样性,并且是协同作用的,对自然界纤维素的降解,微生物之间也具有协同作用,因此,应加强纤维素酶产生菌生态学的研究,为纤维素酶产生菌的应用和纤维素酶的生产奠定理论基础。

3.3 纤维素酶产生菌具有生理特征的多样性,它们有的是某些特殊生态环境条件下的优势菌

群,有的存在于极端环境条件下,因此,应加强对极端环境条件下和特殊环境条件下的纤维素酶产生菌的研究。同时,极端环境的微生物又具有许多突出的特点。这样,对其酶学、生理学的研究以及它们应用的研究都有特殊意义。并可促进极端环境微生物学的发展。

3.4 纤维素酶具有多样性、作用的协同性,应继续加强对酶系的组成、性质和相互关系的研究;酶基因具有多样性,应加强研究它们的调控机制以及基因多样性原因;同时,还应继续加强产酶条件的研究及诱变、融合、基因工程育种等这些人们已经重视的研究工作。

### 参 考 文 献

- 范桂芳等. 1986. 康氏木霉纤维素酶系中 C<sub>x</sub> 酶的定位. 微生物学报. 26(2):151-153
- 荒开基夫等. 1988. 郭维列译. 1989. 纤维素酶研究动向. 应用微生物. 5:19-22
- 那安等. 1985. 康氏木霉 AS3.4001 纤维素酶系的研究. 微生物学报. 25(1):31-37
- 曲音波等. 1988. 斜卧青霉纤维素酶系的酶学研究. 微生物学报. 28(2):121-130
- 王沁等. 1993. 黑曲霉纤维素酶系内切 b-葡聚糖酶性质的研究. 微生物学报. 33(6):439-445
- Asgauerl, E. R. et al. 1992. Production and characterization of extracellular cellulases from a thermostable *Aspergillus* sp. Rev. Microbiol. 33(3):183-188
- Benoit, L. et al. 1992. Isolation of cellulolytic mesophilic clostridia from a municipal solid waste degrader. Microb Ecol. 23(2):117-125
- Creuzet, N. et al. 1983. Characterization of exoglucanase and synergistic hydrolysis of cellulose in *Clostridium stercorarium*. FEMS Microbiol. Let. 20:347-350
- Davis, L. L. et al. 1987. Effect of osmotic potential on synthesis and secretion of polygalacturonase and cellulase by *Geotrichum canarium*. Can J. Microbiol. 33:138-141
- Garcia-Garrido J. M. et al. 1992. Encoglucanase activity in lettuce plants colonized with a vesiculararbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*. Soil. Biol. Biochem. 24(10):955-959
- Grajek, W. 1987. Production of protein by thermophilic fungi from sugar-beet pulp in solid-state. Fermentation Biotech Bioeng. 32:255-260
- Leal, D. P. et al. 1994. Production of plant protoplast by enzymes from selected wood-destroying fungi. App. Microbiol. Biotechnol. 41:58-61
- Leduy, A. 1986. Cellulase from an acidophilic fungus. In: M. Mooyoung et al. (eds.). Biotechnology and Renewable Energy. New York: Elsevier Science Publishing Company, 93-100
- Marcel, J. et al. 1993. Anaerobic fungi and their cellulolytic and xylanolytic enzymes. Antonie van Leeuwenhoek. 63:63-76
- Mosolova, T. P. et al. 1993. Purification and properties of *Clostridium thermocellum* endoglucanase produced in *Escherichia coli*. Appl. Biochem. Biotechnol. 42(1):9-18
- Nakai, R. et al. 1988. Cloning and nucleotide sequence of a cellulase gene, cas A from an alkalophilic *Streptomyces* strain. Gene. 65:229-238
- Nitharwal, P. D. et al. 1991. Effects of different factors on the production of cellulase by *Curvularia lunata*. Folia Microbiol. 36(4):357-361
- Org, E. et al. 1993. The cellulose-binding domain(CBDex) of an exoglucanase from *Cellulomonas fimi* production in *Escherichia coli* and characterization of the polypeptide. Biotechnol Bioeng. 42(4):401-409
- Paul, J. et al. 1993. Hydrolytic enzyme(s) production in *Micrococcus roseus* growing on different cellulosic substrates. Lett Appl. Microbiol. 16(3):167-169
- Pierre, Beguin. 1990. Molecular biology of cellulose degradation Ann. Rev. Microbiol. 44:219-248
- Prasertsan, P. et al. 1992. Isolation and selection of cellulolytic fungi from Palm oil mill effluent. World J Microbiol Biotechnol. 8(6):614-617
- Rahmatullah, M. et al. 1979. Anaerobic digestion of Jute-stick powder by a mesophilic cellulolytic *Clostridium* species J. Ferment Technol. 57(2):117-123

- Sandhu, D. K. et al. 1992. Improvement of cellulase activity in *Trichoderma*. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 34–35:175–184
- Sarkar, A. 1991. Isolation and characterization of thermophilic, alkaliophilic, cellulose-degrading *Bacillus thermoalcaliphilus* sp. nov. from termite (*Odontotermes obesus*) mound soil of semiarid area. *Geomicrobiol J.* 9(4):225–232
- Sharma, N. T. C. Bhalla. 1992. Bacteria from forest litter. *Indian J. Microbiol.* 32(2):213–215
- Sharp, R et al. 1992. Growth and survival of genetically manipulated *Lactobacillus plantarum* in sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 58(9):2517–2522
- Sheldon, J. B. Duff et al. 1987. Effect of media composition and growth conditions on production of cellulase and b-glucosidase by a mixed fungal fermentation. *Enzyme Microb Technol.* 9:47–52
- Shiang, M. et al. 1990. Cellulase production by *Acidothermus cellulolyticus*. *Appl. Biochem Biotechnol.* 5:24–25, 223–236
- Tan, T. K. 1986. Screening for extracellular enzymes of fungi from manufacturing wastes. *Mircen J. Appl. Microbiol Biotechnol.* 2(4):445–452
- Tikhomirov, D. F et al. 1992. Highly thermostable cellulase complex of a novel extremely thermophilic bacterium. *Anaerocellum themophilum* Prikl. *Biokhim.* 28(3):339–347
- Tor-Magnus, Enari. 1983. Microbial cellulases. in: Willian M. F (ed.). *Microbial Enzymes and Biotechnology*. London and New York: Applied Science Publishers, 183–223
- Valmaseda, T. et al. 1992. Hyerglycosylation does not alter the properties of a bacterial cellulase secreted in yeast. *Biotechnol. lett.* 14 (5):409–414
- Vancouver, et al. 1992. Screening for wood-degrading enzymes in marine fungi. *Can J. Bot. /Rev. Can. Bot.* 70(10):2116–2123
- Willem, H. Van Zyl. 1985. A study of the cellulase produced by tree mesophilic actinomycets grown on bagasse as substrate. *Biotech Bioeng.* 27:1367–1373
- William, S. A. et al. 1991. Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass and wastes. Cellulase and related enzymes. *Appl. Biochem. Biotech.* 30:165–183

## DIVERSITY OF CELLULASE – PRODUCING MICROORGANISMS

Ping Wenxiang, Sun Jianqiu, Zhou Dongpo

(Biology Department of Qiqihar Teachers College, Qiqihar 161006)

Discussed in this paper are the diversity of cellulase – producing microorganisms , including their diversity of species , of habitats and of physiological features, and the diversity of the type, the component and the locality of the cellulase which they produce . Some suggestions are proposed for the further study of cellulase – producing organisms.

**Key Words:** Cellulase-producing microorganisms, Cellulase, Diversity

# 中国牧草根瘤菌生物多样性的收集、保藏、评价及利用

宁国贊 刘惠琴 马晓形 王凤忠

(中国农业科学院土壤肥料研究所, 中国农业微生物菌种保藏管理中心, 北京 100081)

**摘要** 我国是草原大国, 不仅有丰富的植物和动物资源, 而且蕴藏着丰富的微生物资源。保护和开发利用草地微生物资源, 对发展我国草地畜牧业有重要意义。为了解决我国大面积人工种草对根瘤菌接种剂的需求问题, 中国农业微生物菌种保藏管理中心从 1981 年开始, 进行中国豆科牧草根瘤菌资源收集、保藏、评价及利用研究。16 年来从 20 个省、自治区 50 多个县采集根瘤及土样 1000 多份, 获原始分离物 3000 多份, 为 30 种豆科牧草筛选出 500 多株根瘤菌优良菌种, 通过接种效果试验, 示范之后, 许多菌株已在全国大面积推广应用。累计接种面积 130 万  $\text{hm}^2$ 。这些菌株不仅是我国豆科牧草根瘤菌接种剂生产的主要菌种来源, 是重要的微生物资源, 也是我国草地生物资源多样性的重要部分。这些菌种资源的长期保藏和持续有效的利用对解决我国大面积人工草场氮缺乏问题已经起了重要作用。大部分菌种已以 ACCC 编号编入《中国农业菌科目录》和《中国菌种目录》。其有关信息已存入《世界菌种联合会国际微生物数据中心》。国内外用户可从世界计算机网络中查询。

**关键词** 牧草根瘤菌 收集 保藏 评价 利用

氮素是植物生长的必需元素。氮素供应不足是我国人工草地建植中的一个很普遍的问题。但是, 依靠化学肥料来解决我国大面积人工草场的氮缺乏问题是不现实的, 也是不经济的。众所周知, 根瘤菌与豆科植物共生固氮能把空气中的分子态氮转化为植物能利用的氨态氮。人工接种根瘤菌是增强豆科牧草共生固氮作用增加氮素营养和提高牧草生长量的有效措施。我国是草原大国, 草地生态类型多, 不仅有丰富的植物资源、动物资源, 而且蕴藏着丰富的微生物资源, 保护和开发利用草地微生物资源, 对发展我国草地畜牧业有重要意义。为了解决我国大面积人工种草对根瘤菌接种剂的需求问题, 农业部畜牧兽医司早在 1980 年开始立项支持中国农业科学院土壤肥料研究所、中国微生物菌种保藏中心进行中国豆科牧草根瘤菌资源收集、保藏、评价及利用研究。16 年来微生物菌种中心为 30 种豆科牧草筛选出 500 株根瘤优良菌种。通过接种效果试验和示范之后, 许多菌株已在全国大面积的推广应用。累计接种面积近 130 万  $\text{hm}^2$ 。这些菌株不仅是我国豆科牧草根瘤接种剂生产的主要菌种来源, 是重要微生物资源, 也是我国草地生物资源多样性的重要部分。这些菌种的长期有效保藏和持续利用对解决我国大面积人工草场氮缺乏问题已经起了重要作用。

## 1 牧草根瘤菌资源生物多样性收集与保藏

国外畜牧业发达国家播种豆科牧草时普遍进行根瘤菌接种, 为了解决本国豆科牧草播种对根瘤菌的需要, 十分重视根瘤菌资源的收集与保藏。早在 40 年代就开始有计划地分离筛选适于本国豆科牧草应用的根瘤菌。许多豆科牧草都配备有与之相应的根瘤菌优良菌种。菌种资源与牧草品种资源一样得到长期有效的保护和持续利用。

我国大规模人工种草起步较晚, 所以直到 1980 年才开始立项进行豆科牧草根瘤菌优良菌

种筛选及利用研究工作。我国主要豆科牧草有几十种,根瘤菌优良种分离筛选工作量很大。16年来,中国农业微生物种保藏中心根瘤菌实验室与全国有关省、自治区、县(旗)草原站协作,从20个省、自治区的50多个县(旗)采集根瘤及土样1000多份,获原始分离物3000多份。经鉴定和筛选获共生固氮性能优良的根瘤菌菌种561株。(见表1)

表1 中国豆科牧草根瘤菌资源

菌种名称	寄生植物	数量 (株)	采样地点
苜蓿根瘤菌	紫花苜蓿、草木樨、扁蓿豆、胡芦巴	252	内蒙古、黑龙江、甘肃、青海、河北、山东、新疆
沙打旺根瘤菌 <i>Rhizobium astragula adsurgens</i> Pall	沙打旺、达乌里黄芪、草木樨状黄芪、鹰嘴黄芪、膜荚黄芪	50	内蒙古、吉林、河北、河南、陕西、北京
紫云英根瘤菌 <i>Rhizobium astragula sinicus</i> L.	紫云英	30	广东、广西、江西、安徽、河南、四川
三叶草根瘤菌 <i>Rhizobium trifolii</i> dangeard	红三叶、白三叶、绿三叶、地三叶、草莓三叶	70	广西、云南、贵州、甘肃
羽扁豆根瘤菌 <i>Rhizobium lupinus</i>	羽扁豆	6	
豌豆根瘤菌 <i>Rhizobium leguminosarum</i>	蚕豆、豌豆、苕子	10	内蒙古、北京、云南、贵州
百脉根根瘤菌 <i>Rhizobium loti jarvis</i>	百脉根	8	贵州、云南
其他根瘤菌	蒙古岩黄芪、小冠花、红豆草、胡枝子、锦鸡儿、紫穗槐、银合欢、金合欢、大叶相思、黑荆、柱花草、山蚂蝗、大翼豆、山黧豆、田菁、鸡眼草、野大豆、甘草	135	内蒙古、山西、陕西、山东、福建、广东、海南、广西、北京

从表1所列的根瘤菌菌种类、寄主植物种类及菌种分离的采样区域充分表明我国牧草根瘤菌资源的生物多样性。例如分离筛选苜蓿根瘤菌的样品就是从内蒙古、黑龙江、甘肃、青海、新疆、河北和山东等7个省、自治区,30个苜蓿品种、2个扁蓿品种和5个草木樨品种中采瘤分离得到的。50株沙打旺根瘤菌来自7个省、自治区。而30株紫云英根瘤菌来自6个省、自治区20个县。菌种来源的广泛性,使我国目前保藏的根瘤菌能满足各种主要豆科牧草对根瘤菌的需要。十多年来上述菌种资源已被根瘤菌剂生产厂、农业院校和科研单位广泛采用。国家863项目也曾采用其中的一些菌株用于基因工程菌的研制。

这些菌种已成为我国豆科牧草共生固氮研究及接种剂生产的主要菌种来源。将作为国家重要微生物得到长期保护。这些菌种已在中国农业微生物菌种保藏管理中心入库保藏。其中242株菌已以ACCC编号编入1991年出版的《中国农业菌种目录》和1992年出版的《中国菌种目录》。尽管我国牧草根瘤菌资源生物多样性收集与保藏起步较晚,但十多年来,我们的工作进展很快,有关菌种信息已进入“世界菌种保藏联合会国际微生物数据中心”,国内外用户都可以通过世界计算机网络查询我国主要豆科牧草根瘤菌的有关数据。

## 2 牧草根瘤菌资源的评价与利用

豆科牧草根瘤菌资源生物多样性收集与保藏,为我国豆科牧草共生固氮研究及根瘤菌接种剂生产提供了菌种条件。但是,菌种资源跟牧草品种资源、农作物品种资源一样。只有在对其进行性能进行研究和评价之后才有可能得到充分和合理利用。为了满足我国大面积播种豆科牧草对根瘤菌接种剂的需要,我们对主要豆科牧草根瘤菌的生产性能进行了全面的评价。1981~1985年重点对沙打旺根瘤菌和三叶草根瘤菌进行评价和利用研究;1986~1990年对苜蓿根瘤菌、红豆草根瘤菌、蒙古岩黄芪根瘤菌和银合欢根瘤菌进行评价利用研究;1991~1995年对紫云英根瘤菌、柱花草根瘤菌、小冠花根瘤菌、胡枝子根瘤菌、豌豆根瘤菌和锦鸡儿根瘤菌进行评价利用研究。除了在温室、网室内进行大量的盆栽接种效果试验研究外,还在全国60个县进行了接种效果的试验、示范。部分菌种生产性能评价结果见表2。

表2 几种根瘤菌的结瘤及增产性能测定

菌种名称		沙打旺根瘤菌	苜蓿根瘤菌	三叶草根瘤菌	紫云英根瘤菌
调查项目		1981~1985年	1986~1990年	1981~1985年	1991~1995年
幼苗	接 菌	76	66.4	87	99.3
结瘤	对 照	43	38.4	25	13.8
率(%)	对照增加	77	79.2	248	619
根瘤	接 菌	10.7	9.8	15	13.5
数量	对 照	5.7	4.6	3	3.5
(个/株)	对照增加(%)	88	11.3	400	286
植株	接 菌	8.6	10.3	6.3	3.5
分枝	对 照	7.8	7.8	3.6	2.3
(个/株)	对照增加(%)	10	32	75	52
株	接 菌	25.5	25.3	22	60.7
高	对 照	15.2	21.9	14.3	48.5
(cm)	对照增加(%)	68	16	54	25
产草量	接 菌	146	148.5	290	338
	对 照	92	116	175	251
kg/亩	对照增加(%)	59**	28**	66**	34.7**

\* \* :差异极显著

通过多年对菌种资源的研究、试验和示范,为菌种综合评价、筛选用于接种剂生产的优良菌种提供了大量的数据。从而确定了当前我国13种豆科牧草根瘤菌接种剂的生产用菌。见表3。中国农业微生物菌种保藏管理中心每年向根瘤菌生产企业提供菌种。1981年以来,全国有关企业用表3所列的菌株生产根瘤菌接种剂共700 t,可供133.3万hm<sup>2</sup>(2000万亩)牧草接种。我国牧草根菌资源已在全国大多数省、自治区推广应用。

## 3 牧草根瘤菌资源收集、保藏与利用的建议

16年来,我国牧草根瘤菌资源收集与利用研究工作取得了很大的成绩。但与畜、禽和牧草品种资源工作相比有很大的差距,需要继续深入研究,才能使牧草根瘤菌资源生物多样性得到有效的保护和持续利用。对今后工作建议如下:

### 3.1 开展牧草根瘤菌优良菌种与牧草品种共生固氮优良组合研究

应该指出,在表3列出的根瘤菌接种剂生产用菌是在当前生产条件下为目前豆科牧草品种而筛选出来的。随着牧草品种的更新和生产环境条件变化,这些菌株就不一定是最合适的

菌种,到那时就应该从现在保存的其他菌株中筛选与新品种共生固氮最佳的菌株。因此,开展牧草根瘤菌与牧草品种共生固氮优良组合研究是很必要的。

表 3 豆科牧草根瘤菌的生产用菌株

根瘤菌剂产品名称	菌 株 号				
沙打旺根瘤菌剂	ACCC13070	ACCC13071	ACCC13072	ACCC13073	ACCC13074
三叶草根瘤菌剂	ACCC18016	ACCC18017	ACCC18002		
苜蓿根瘤菌剂	ACCC17512	ACCC17513	ACCC17517	ACCC17518	ACCC17519
柱花草根瘤菌剂	ACCC14070	ACCC14082	ACCC14096		
苕子根瘤菌剂	ACCC16110	ACCC16101	ACCC16021	ACCC16113	ACCC16104
	ACCC16106				
紫云英根瘤菌剂	ACCC13035	ACCC13047			
百脉根根瘤菌剂	ACCC18107				
银合欢根瘤菌剂	ACCC19580	ACCC19581	ACCC19582		
锦鸡儿根瘤菌剂	ACCC19640	ACCC19641	ACCC19647		
胡枝子根瘤菌剂	ACCC14160	ACCC14161	ACCC14162	ACCC14163	
小冠花根瘤菌剂	ACCC19620	ACCC19625			
红豆草根瘤菌剂	ACCC19600	ACCC19604			
蒙古岩黄芪根瘤菌剂	ACCC19700	ACCC19701	ACCC19702	ACCC19705	

国外研究表明,苜蓿共生固氮能力的 30% 受控于寄主,26% 受控于根瘤菌,而寄主与根瘤菌的相互作用占 36%。在共生固氮体系中,苜蓿品种与根瘤菌菌株之间有很强的选择性。一个苜蓿品种只有与亲和性强的根瘤菌共生才能形成最佳的共生固氮体系。所以筛选专一的根瘤菌与苜蓿品种最佳组合,是提高苜蓿共生固氮作用的有效途径。1987~1990 年我们用目前国内使用的 5 株生产用菌,对 7 个苜蓿品种进行共生固氮体系组合试验。通过测定根瘤菌固氮酶活性及植株生长量,初步为各个苜蓿品种筛选出共生固氮效率高的菌株。见表 4。

表 4 根瘤菌与苜蓿品种共生固氮优良组合

组合序号	苜蓿品种名称	苜蓿根瘤菌菌株号码
1	新疆苜蓿	CM87182
2	草原二号	ACCC17512
3	天水苜蓿	ACCC17513
4	南皮苜蓿	CM87182 CM87197 ACCC17513
5	肇东苜蓿	ACCC17513
6	工农二号	ACCC17513
7	杂种苜蓿	CM87167

其他种类的豆科牧草如果品种较多,也有必要进行共生固氮优良组合的筛选。豆科牧草资源库可以通过与国家农业微生物菌保藏中心合作,为一些主要的豆科牧草的各个品种选定根瘤菌优良菌种。

### 3.2 开展牧草根瘤菌分子生物学特性研究

研究根瘤菌分子生物的特性,明确根瘤菌结瘤基因、固氮基因及其他特性基因的位置及相关的特征,有助于根瘤菌资源的利用,可以为高效固氮的基因工程菌的研制提供依据。80 年代末期,在国家 863 高科技计划中曾将《苜蓿根瘤菌基因工程菌研制》和《三叶草根瘤菌基因工程菌的研制》列入计划,但因前期研究及菌种资源不足,不得不中途取消计划。在资金许可的条件下,有计划地对已入库保藏的一些根瘤菌的分子生物学特性进行研究是很有必要的。

### 3.3 重视根瘤菌的接种技术科普宣传、技术培训和技术的推广工作。

共生固氮是植物获得氮素的一个重要途径。但在生产实践中还没有得到足够的重视。必

须在科普知识传播及农业技术普及工作中加强宣传。并通过教学将共生固氮理论和知识传授给学生,才能使根瘤菌接种技术被更多的人接受。目前,我国豆科种子接种面积仅为豆科种子分布面积的1%,如能提高到20%~30%,我国农牧业生产将节省大量的化学氮肥,同时可以减少大量使用化肥造成的环境污染。

### 3.4 必须认真做好根瘤菌资源生物多样性保藏工作

15年来,国家对牧草根瘤资源的收集、评价和利用研究投入经费30多万元,几十名科技人员参加了筛选及评价工作。500多株牧草根瘤菌来之不易,应该得到长期的、有效的保藏。近300株尚未正式入库保藏的菌种将在95期间入库保藏。

### 参 考 文 献

- 耿华珠(主编).1996.中国苜蓿.北京:农业出版社
- 宁国贊等.1983.飞机播种豆科牧草与丸衣化方法接种根瘤菌技术.农业科学实验.(5):1~3
- 宁国贊等.1985.三叶草接种根瘤菌的效果.中国草原.(3):60~63
- 宁国贊等.1986.飞机播种沙打旺接种根瘤菌的研究.中国农业科学.(5):85~90
- 宁国贊等.1987.我国豆科牧草草根瘤菌剂生产及应用.中国草原.(1):60~63
- 宁国贊等.1987.豆科牧草种子丸衣化接种根瘤菌技术.中国草业科学.(7):52~55
- 宁国贊等.1991.蒙古岩黄芪根瘤菌选育及应用.中国草地.(3):77
- 宁国贊等.1992.紫花苜蓿接种根瘤菌的效果.草业科学.(2):50~51
- 宁国贊等.1995.胡枝子根瘤菌优良菌筛选育及应用.土壤肥料.(5):41~44
- 宁国贊等.1995.紫云英根瘤菌优良菌选育及应用.见中国植物营养与肥料学会编.现代农业中的植物营养与施肥.251~253
- 宁国贊等.1995.中国豆科牧草根瘤菌大面积应用13年回顾.中国草地.(4):56~59
- 中国微生物菌种保藏管理委员会农业微生物中心编.1991.中国农业菌种目录.北京:中国农业科技出版社
- 中国微生物菌种保藏管理委员会编.1992.中国菌种目录.北京:机械工业出版社
- Ning Guozan. 1994. Selection and application of Rhizobia Legume herbages in China. In Li Bo (ed.). *Proceedings of the International Symposium on Grassland Resources*

## THE COLLECTION, CONSERVATION, ASSESSMENT AND APPLICATION OF BIODIVERSITY OF THE CHINESE FODDER RHIZOBIA

Ning Guozan, Liu Huiqin, Ma Xiaotong, Wang Fengzhong

(Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

China has a vast area of grasslands, which harbour a riches of plant, animal and microbe resources. To protect and rationally utilize the grassland microbe resources is of great importance for the development of husbandry in this country. In order to meet the demands for rhizobial inoculants in the large-scale fodder cultivation, Chinese Academy of Agricultural Sciences (ACCC) has been conducting research on the collection, conservation, assessment and application of the legume-rhizobial resources since 1981. In the past 16 years, over 1000 samples of root nodules and soil were collected from more than 50 counties of 20 provinces, from which over 3000 samples of original isolates were obtained and over 500 strains were screened for 30 species of legume fodder. After inoculation test and demonstration, a large number of strains have been applied in vast

area of China. The total inoculated area covers 13 million ha.. These strains are not only the chief source for the production of rhizobial inoculants of legume fodder in China, but also are important microbe resource and an important part of biodiversity of grasslands of China. The long - term conservation of the strains and their sustainable utilization have been playing an significant role in solving the nitrogen - lacking problem in the establishment of man - made grassland in China . Most of the strains, labeled with ACCC, have been accepted in "The Catalogue of Chinese Agricultural Cultures" and "The Catalogue of Chinese Cultures". The relevant information of the strains has been stored in "The Data Centre of International Microbiology of the World Culture Collection Association". Users at home and abroad can consult the world computer Internet for the information.

**Key words:** Pasture root-nodule rhizobia, Collection, Preservation, Assessment, Application

## Metapopulation 的概念及其在植物种群生态学中的应用

### (Ⅱ) 异质种群理论对植物种群生态学研究工作的影响

叶万辉<sup>1</sup> 刘正恩<sup>1</sup> 关文彬<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 黑龙江中医药大学, 哈尔滨 150040)

(<sup>2</sup> 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

**摘要** 异质种群理论已得到广泛的接受和进一步的发展, 使其在植物种群生态学研究中很好地解决了一些问题。本文从 5 个方面对异质种群理论在植物种群生态学研究中的应用, 及其对植物种群生态学研究工作的影响进行了综述。

**关键词** 异质种群 种群动态 分布 扩散 濒危 外来种

自本世纪 80 年代以后, 随着 Levins 的异质种群(Metapopulation)理论的广泛传播、接受和发展, 使其逐步应用于植物种群生态学的研究之中, 很好地解释和说明了植物种群结构、动态和分布过程等许多问题, 给植物种群生态学研究工作带来了较大的影响(Silvertown 等, 1993; Husband 等, 1996)。

在本世纪 90 年代 Levins 的异质种群理论开始传入我国, 并与 White 提出的组元种群(Metapopulation, 后改称 Metameric population)的概念相混淆(叶万辉等, 1995)。目前, 异质种群的概念和理论已在我国有些介绍(张知彬, 1994; 陶毅等, 1994), 但对于该理论在植物种群生态学研究的具体应用情况还未见报道。为了使该理论能及时、准确地应用于我国植物种群生态学和生物多样性等方面的研究之中, 我们将应用异质种群理论所能解决的一些问题, 以及对一些研究工作的影响分 5 个方面进行综述。

#### 1 异质种群理论对植物种群动态过程分析的影响

植物种群的动态是植物种群生态学研究中的一个重要的主题, 异质种群理论提出后, 对植物种群动态过程分析带来较大的影响, 使过去的一些研究思想和方法产生了较大的改变, 并提出了一些新的研究课题。

##### 1.1 迁入—迁出问题

过去我们在考虑种群的动态时, 多只注重个体出生和死亡的影响, 而对迁移问题注意的较少, 实际上斑块间的迁移所形成的基因流, 更具有重要的生物学和生态学意义, 是决不能忽视的。甚至在某些情况下, 这种忽视可能会产生严重的错误。因此, 在种群的动态研究中决不能忽略种群的迁出和迁入特点, 也就是要注意斑块间的种群扩散过程。

##### 1.2 源—汇种群问题

斑块间种群个体的迁移一般都是随机性的, 但是在邻近斑块种群密度不同时, 就会产生源种群(source populations)和汇种群(sink populations)。而且在某些情况下, 汇种群是靠源种群的种子来维持的。例如, Keddy 发现被隔断的靠近陆地一侧的卡克勒(*Cakile edentula*)植物种群, 就是一个由靠海一侧的种群的种子迁移来维持的(Keddy, 1981)。Kadmon 等报道了以色列一年生针茅(*Stipa capensis*)的两个种群, 其中有一个种群的种子库仅起很小的作用, 而有

90% 植物是从其它地方迁移过来的(Kadmon 等,1990)。

### 1.3 迁移的方式

斑块间的植物迁移主要靠种子进行,但按其传播动力的不同可分为不同的方式。其中,主要有风、昆虫、鸟类等传播方式。例如 Alvarez-Buylla 等报道在墨西哥雨林中,西哥罗佩(*Cecropia obtusifolia*)对林隙(gap)的占据是靠鸟类将种子带入的(Alvarez-Buylla 等,1991)。Horvitz 等发现墨西哥热带常绿林下,肖竹芋(*Calathea*)的种子是由蚂蚁带到适生地点来扩散的(Horvitz 等,1986)。

## 2 异质种群理论提出了有关异质种群本身研究的新课题

异质种群理论不仅使人们对种群的概念有了深入的理解和更高层次的概括,对过去的种群生态学研究产生了较大的影响,而且这一理论的提出本身也导致了许多新的研究课题。

### 2.1 异质种群的生活史特征

异质种群的生活史可用一个系列的生活史图给予表达,其中每个单元表示一个种群,并在它们相似的生活阶段上,依靠迁移来相互连接起来(图 1)。这种异质种群也可用具有年龄结构或阶段的 Lefkovitch 矩阵的扩展模型给予描述(Caswell,1989)。

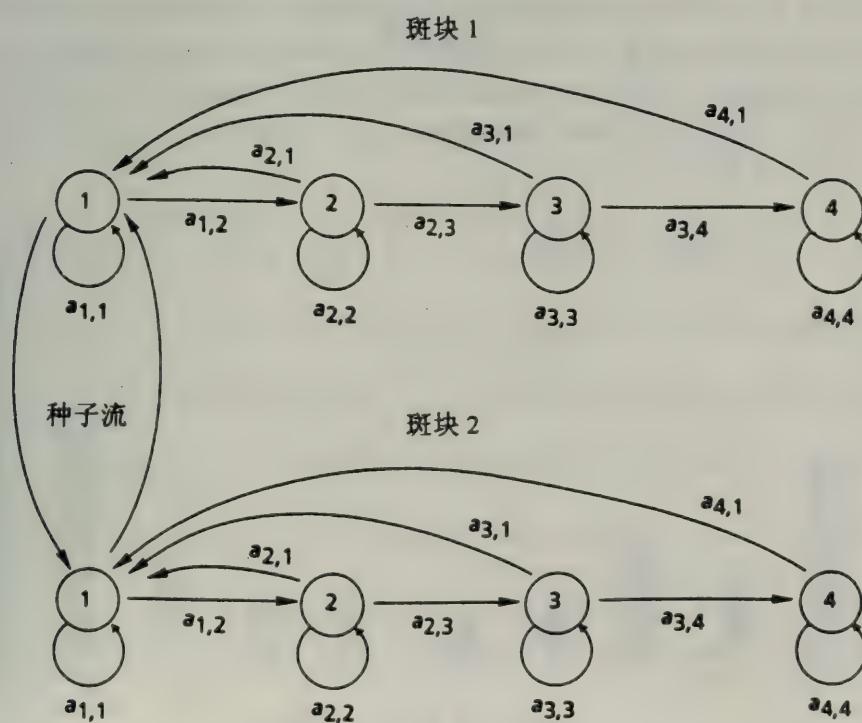


图 1 由种子流连接的两个斑块(种群)构成的异质种群生活史图

各种群具有 4 个生活等级阶段,每个种群中的  $a_{x,1}$  值是生殖力(fecundity), $a_{x,x}$  为不改变生活阶段的存活率, $a_{x,x+1}$  为进入下一个阶段的比率(引自 Silvertown 等,1993)

### 2.2 异质种群的动态

异质种群的动态是指一个异质种群中,小种群的数目随时间的变化,可用与种群的个体动态类似的方法进行研究。如果一个种群的生存和繁殖需要某种特定的立地,并且这些立地又是零散分布的,我们将在时刻  $t$  有种群占据的立地数目记为  $P_t$ ,将空立地(无种群占居)数目

记为  $V_t$ 。有种群占据的立地以单位时间(间隔)每个种群  $x$  的速率变空,那么空立地在  $t+1$  时刻有某种群占据的立地数目  $P_{t+1}$  可写为:

$$P_{t+1} = P_t + cP_t V_t - xP_t$$

其中,  $cP_t V_t$  为被某种群占据的新立地数目,  $xP_t$  为原有某种群占据, 现在变空的立地数目。

这个简单的方程可对异质种群的行为做出一些很有意义的推断, 当  $P_{t+1} = P_t$  时,  $cP_t V_t = xP_t$ , 即  $V_t = x/c$ 。这意味着如果一个物种将要扩散分布 ( $P_{t+1} > P_t$ ), 那么空立地的密度必须超过相对空出率  $x/c$  (relative extinction rate)。当空出率和占居率稍有变化, 而超过其阈限  $V_t > x/c$  时, 则该物种正在扩散。当  $V_t < x/c$  时, 则将导致该物种的衰减, 直至灭绝 (Silvertown 等, 1993)。

### 3 异质种群理论对植物分布机制的说明

大多数植物种类的分布界限都体现出与气候的地理或地形趋势相关, 但其温度和降水的趋势一般都没有分布界限来得突然。如果接近突然分布界限的气候条件轻微改变了相对空出率, 或者是空立地数比较低时, 无论植物个体在此是否可以良好地生长, 异质种群在此地都是不能长期维持的。边界的限制因素很可能是对异质种群的动态起作用, 而不是对植物个体或种群起作用。这个假说虽然难以用实验证明, 但有 2 个观察可用来说服它。Hengveld 等发现许多植物种群, 在其分布边界附近密度都较低 (图 2) (Hengveld 等, 1982), 估计是由于  $V_t$  的下降或  $x/c$  的增加造成的。另外, 就是在分布边界处, 植物对其生境条件的要求更加严格。例如, 盒子树 (*Buxus sempervirens*) 在其分布北界的英格兰仅见于石灰性土壤上, 而在欧洲大陆上则可出现在 pH 范围较宽的土壤上。

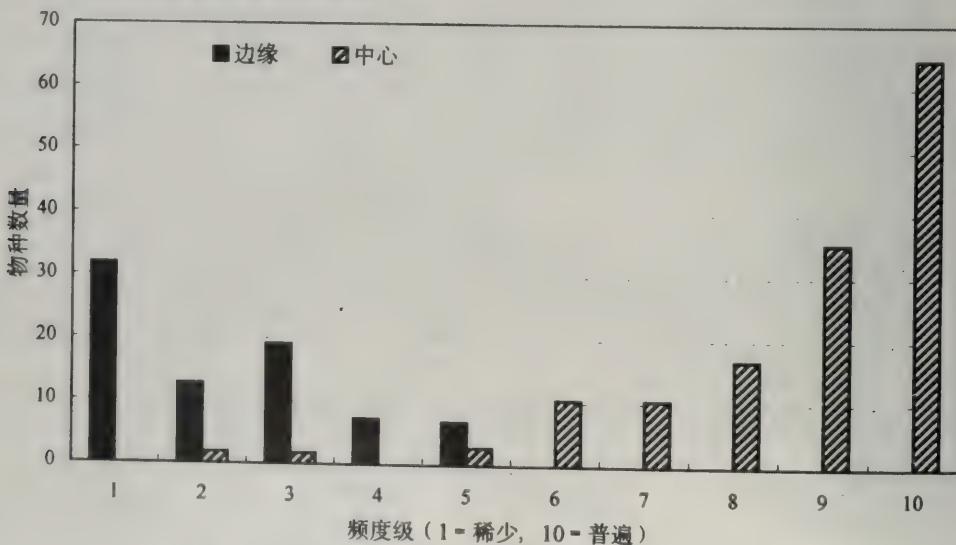


图 2 818 种植物的区域分布频度图 (引自 Hengveld 等, 1982)

### 4 异质种群理论对物种濒危机制的说明

种群生物学比较关心植物的丰富度, 也就是要说明为什么有些物种很稀少, 而另一些则比较多, 但一般的种群统计学很少能对此做出满意的解释。许多稀有并需要保护的物种都是在其地理分布区域的边缘。在分布边界上, 由于气候和其它影响植物生存的环境因子的相互作用, 或是在边界种群中遗传变异较分布中心的种群低等原因, 使生理耐性较窄的植物要承受着

更大的压力。

在这样的地点上,植物种群的个体数量可能较多,但小种群的数目一般都较少。常规的种群统计方法多注重种群内的个体数量,这样就会出现失误。由异质种群动态的方程可知,种群的数目对相对空出率是十分敏感的。如果总立地数为  $T = Vt + Pt$ , 被种群占据的立地比率为  $P = Pt/T$ , 那么  $Vt/T = 1 - P$ 。由  $Vt = x/c$ , 将  $Vt$  替换, 则有  $x/cT = 1 - P$ ,  $P = 1 - x/cT$ 。即种群占据立地比率与  $x$ (变空率)成反比, 与  $c$ (占据率)成正比, 并与总立地数  $T$  成正比。由于稀有种仅占据着较少的立地, 所以  $P$  值很小。

### 5 异质种群理论对外来种侵入并迅速发展过程的说明

许多外来种都是靠种子的长距离传播, 并在入侵地的原生条件受到干扰后才得以入侵。而且在入侵后的很短时间内就会迅速发展起来, 这个现象已有许多研究报道过, 但对于产生这个过程的原因并没有很好的解释。

在引入异质种群思想后, 人们发现外来种入侵并迅速发展过程是异质种群的动态过程。首先, 外来种最初侵入的种群都是间隔一定距离的, 并且这些小种群在其占居点不断地扩大其占居的范围。其占据率持续地大于空出率, 从而使其占居范围迅速扩展。

对于外来种入侵的控制, 过去一直都特别关注那些较大的和较老的群体, 而忽视了那些较小的种群。但实际上那些零散分布的、较小的种群对于其入侵扩散的作用, 却远大于一个同等面积的大种群。因此, 由于认为它们太小而忽视了控制它们的做法, 是必然要失败的。另外, 在冰川过后, 北方温带植物(如 *Picea abies*)的超速扩散过程也与此有相似的过程。

### 参 考 文 献

- 陶毅等. 1994. Meta—种群的理论与实践. 见钱迎倩, 马克平(主编). 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 55—68
- 叶万辉等. 1995. Metapopulation 的概念及其在植物种群生态学中的应用(I) 异质种群概念的理解和辨析. 生态学杂志. 14(5): 75—78
- 张知彬. 1994. 生物多样性保护的若干理论基础. 见钱迎倩, 马克平(主编). 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 36—54
- Alvarez-Buylla, E. R. and Garcia-Barrios, R. 1991. Seed and forest dynamics: a theoretical framework and an example from the neotropics. *Am. Nat.* 137: 133—154
- Caswell, H. 1989. *Matrix Population Models: Construction, Analysis and Interpretation*. Massachusetts: Sinauer
- Hengeveld, P. and Haeck, J. 1982. The distribution of abundance. measurements. *J. of Biogeography*. 9: 303—316
- Horvitz, C. C. and Schemske, D. W. 1986. Seed dispersal and environmental heterogeneity in a neotropical herb: a model of population and patch dynamics. In Estrada, A. and Fleming, T. H. (eds.) *Frugivores and Seed Dispersal*. W. Junk
- Husband, B. C. and Barrett, S. C. H. 1996. A metapopulation perspective in plant population biology. *J. of Ecology*. 84: 461—469
- Kadmon, R. and Shmida, A. 1990. Patterns and causes of spatial variation in the reproductive success of a desert annual. *Oecologia*. 83: 139—144
- Keddy, P. A. 1981. Experimental demography of the sand-dune annual, *Cakile edentula*, growing along an environmental gradient in Nova Scotia. *J. of Ecology*. 69: 615—630
- Silvertown, J. W. and Lovett-Doust, J. 1993. *Introduction to Plant Population Biology*. Oxford: Blackwell Scientific

## METAPOPULATION AND ITS APPLICATION IN PLANT POPULATION BIOLOGY

### II. APPLICATION AND PERSPECTIVE

Ye Wanhui<sup>1</sup>, Liu Zhengen<sup>1</sup>, Guan Wenbin<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Harbin 150040)

(<sup>2</sup>Shenyang Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015)

Metapopulation theory, proposed by Levins, has been used in different fields of contemporary population biology and brought about some advances in these fields. Using this theory, some problems of population biology and biodiversity have been intensively analyzed. For a more successful application of this theory in the future, five topics are reviewed in this paper, including metapopulation dynamics, life cycle, population dynamics, invasion and dispersal.

**Key words:** Metapopulation, Population, Dynamics, Invasion, Dispersal

# 全球性的变暖怎样影响物种生存

刘玉明

(北京市教育学院,北京 100044)

**摘要** 由温室效应引起的全球性变暖越来越受到人们的重视。全球变暖对物种的影响是一个复杂和难以预测的过程,它会加速物种灭绝的过程。本文综合评述了由温室效应引起的全球性变暖对物种生存与灭绝的影响。全球变暖对物种生存的影响包括直接作用和间接作用。直接作用包括即时影响和延迟影响。间接作用包括食物影响;饮水影响;栖息地影响;环境的消失和挤出影响;捕食者,竞争者,寄生者,疾病平衡影响;共生者影响等。间接作用导致的物种灭绝可能比直接作用更严重。另外,本文论述了级联作用对物种灭亡的影响。最后,本文强调了应加强对人类活动引起的全球变暖的研究。

**关键词** 全球性变暖 温室效应 物种

## 1 引言

由温室效应引起的全球性变暖怎样影响一个物种的生存?为什么物种不能适应更高一些的温度?为什么一个物种不能迁移到冷一些的地方?温室效应的影响有多大?这种效应在多大程度上能被用来预测物种的生存?如果我们要正确评价气候的变暖对我们这颗行星上的生物多样性和自然资源的影响效果,那么这些问题我们就必须回答。

科学家们同意:大气中的二氧化碳和其他温室效应气体的增加引起了全球性变暖,并且这种趋势将持续下去,直到我们能阻止温室效应气体的增加。由于全球性气候系统是复杂的,因而未来气候变暖的确切速度是很难计算的。例如,海冰的熔化将减少进入空间的被反射的太阳光数量而加速全球性变暖,但很难准确预报两极的冰什么时候会消失。伴随着气候变暖产生了更多的云,那将增加被反射进入空间的太阳光,从而减轻变暖。但云发展的程度是不确定的。计算提示我们:全球表面的变暖将是不均匀的,一些地区会比较热而另一些地区会比较冷。(Jones 和 Wigley, 1990),亦即变暖的是全球的平均温度。

变暖的影响被从属的效果复杂化。例如,冰川的熔化,海水的热膨胀等现象会引起海平面升高。(Lyman, 1990)。由于它们的特有影响,降雨、河水流动、季节变化模式、植被类型等都要改变。

逐渐变暖可以使一个物种的一些或所有个体适应更高一些的温度。这就像我们经历季节性的从寒冬到暖夏或从较冷的地带搬到较暖的地带,要有一个生理适应一样。但变暖速度和温度水平有一个限制范围,超出它们,一个物种将不能生存。当温度的升高跨越数十年或数百年时,自然选择会有助于那些能忍受较高温度的个体的生存。这是遗传性的适应。但即使是遗传性适应,当气候变暖迅速时,也有它的极限。Parsons (1989) 推断:假如温度升高接近 $2^{\circ}\text{C}$ ,就有可能使稀有的热带雨林果蝇灭绝或为其他所替换。低地热带物种通常只适应一个狭窄的温度范围。假如变暖的趋势继续保持现在的速度,毫无疑问,我们将失去数以千计的物种。

已经有许多礁珊瑚种群在 1982 和 1983 的 El Nino 事件中受到影响(Glynn 等, 1988)。

## 2 全球变暖对物种生存的影响

我们可以把这种影响作用划分成直接的和间接的。直接作用是指那些影响物种生理的作用。间接作用是指那些影响食物、栖息地等资源的作用;一个物种要生存,就必须有这些资源。

### 2.1 直接作用

#### 2.1.1 即时影响

致死温度是指那些在给定的期间内引起一个种群全体或敏感部分死亡的温度。在这种情况下,温度干扰一个或更多个极重要的致死的生理过程;例如,呼吸作用。这时个体很快死亡。

#### 2.1.2 延迟影响

延迟影响由温度逆境引起,但它并不立即杀死个体。以鸟为例,热胁迫意味着鸟消耗能量而降低体温或花更多的时间去寻找水。这种能量的消耗可能使得它不能储存足够的脂肪完成迁徙,当鸟落入海洋中或陷于不适宜的环境,死亡就跟着发生了。当逆境影响繁殖时,这种影响可以延迟一代或几代。这样只有低数量或低质量的后代产生出来,或者一个后代也没有。

Meisner 等(1987)报道:鱼类能够选择有利于它们获得最高净能量效率的温度。他们推断:五大湖流域环境的变暖很可能使这一流域的鲑鱼、鳟鱼和白鱼(Salmonidae)种群减小,而容许米诺鱼(Cyprinidae)、狗鱼(Esocidae)、翻车鱼(Contrachidae)和鲶鱼(Ictaluridae)分布扩展。

### 2.2 间接作用

间接作用可以导致一些连直接作用都导致不了的灭绝。潜在的间接作用是很多的。不同物种对温度变化的反应不同。我们应该明白:一个物种必须和它生存所需的资源在空间和时间上是协调一致。例如,温度升高可使一个鸟向北方迁移,但是这只鸟生存所必需的森林栖息地(假设栖息地也能迁移)向北方的迁徙却是缓慢的。如果幼鱼靠吃浮游生物生存,那么浮游生物的繁盛就一定要发生在每年的特定时间里。Patalas(1990)发现气候对决定浮游生物的变化是非常重要的,而温度是其中最重要的限制因子。

温度升高仅是全球变暖的预期影响之一,估计降雨规律也要改变。一些环境,(例如高山、湖泊和河流)是不连续的。依据物种迁移能力的不同以及物种对受到干扰后不适宜环境的选择作用,物种不一定都能分布到新的环境中。许多种鱼不能从一个水域向北迁移到另一个水域,因为两个水域的分离为鱼的迁移造成了障碍。例如,在田纳西——坎伯兰高原的一些水域里存在北美洲大部分的淡水鱼种,但这些鱼不能向北迁移进入俄亥俄流域,更不用说进入五大湖——圣劳伦斯河水域了。

间接作用包括:

(1). 食物。如果失去了像山谷里山羊的过冬草料那样重要的食物供给,一个物种将会受到影响。在北极地区,由于很厚的雪会遮盖低矮的苔原植被,所以,降雪严重的冬季已经严重地影响了麝牛和驯鹿的生存(加拿大环境杂志, 1990)。

(2). 饮水。干旱、沙化、泉水和河流的干涸将影响那些需要水源的物种。

(3). 栖息地。森林、草原、珊瑚礁、湖泊等栖息地的失去,会影响许多物种。栖息地可以提供许多在我们看来是很微妙的生活资源,例如,逃避捕食者、躲避风和浪;提供阴凉、氧气、适当的盐浓度和足够的湿度;是动物求偶、产卵、育雏的区域;是夏季牧场和冬季牧场之间的走廊;提供筑巢材料;动物建造洞穴等。Meisner 等(1987)推断五大湖水平面的迅速变化将会

对湿地和沿岸区域的结构产生不利影响,会削弱它们作为产卵和育雏场所的功能。例如,一些鸭子的筑巢将受到影响。

海水变暖可能会增加飓风和其他风暴的频度和强度,增强的风浪活动将加快珊瑚礁和红树生境的丧失,从而加剧对海平面升高的影响。

气候变暖的一般结果是南方栖息地的缩小和北方栖息地的增加。例如,根据 Meisner (1990) 的报道,河鳟 (*Salvelinus fontinalis*) 的栖息地,气候温度升高 3.8 ℃,就会向高海拔地区移动大约 700 m。如果种群要留在与原来同样的海拔高度,那么河鳟就要向北方迁移大约 330 km。高度和纬度的转换可以结合起来交替进行。最终结果是南方栖息地缩小,而北方栖息地会扩大。

(4). 环境的消失 (pop-off) 和挤出 (squeeze-out)。一些环境可能会一起丧失。较高的山上有一些生物垂直分布带,每条生物带上的生物都适应周围的温度。当气候变暖时,这些物种会向上迁移。那些最接近山顶的生物(例如:热带一些山上的栎树或松树林和北半球北部山区的高山苔原)就会消失。如果有足够的时间,那么由于生物群的运动性和山脉的连续性,物种可能向极地迁移。但如果变暖是迅速的、物种不能充分运动、山峰是孤立的或山脉中间有中断,那么这些生物或至少一些物种就会失去。Mlot (1991) 举了一个高山植物在变动中消失的例子。濒危的 Uncompahgre 贝母 (*Boloria acrocnema*) 生长在西斜罗拉多州冰雪覆盖的圣胡安山脉的高海拔地区。80 年代末期干热的夏季使在 Uncompahgre 山峰上生长的贝母种群数量从 1982 年的 700 只下降至 1988 年的 200 只,到 1991 年,在这一区域就再也看不到一只贝母了。由于海水有冷暖层次,所以相似的作用可以发生在海底山上,和渔场浅滩上。海平面的升高将引起低岛屿(例如,环礁和低洼的沿海地区)上的陆生生物群消失,也可能引起正在缓慢地向极地迁移的生活在珊瑚礁上的海生生物群消失。这种现象在北极和南极附近地区最严重。气候变暖估计会严重地威胁两极。很可能冻原和其他北部生物带将会严重减小,甚至消失。在加拿大北极地区的群岛中有晚第三纪(蒲福地层)的化石树干,而现在那里仅有冻原存在。

大量的水生生物的挤出影响可以被预言。冷水比温水密度大,4 ℃ 的水达到最大密度。冷水沉在温水下面。湖水常常分成温暖的上层和寒冷的下层,它们之间有一个温度迅速变化的带,称为斜温层。下层常常有不同于上层的植物、鱼和无脊椎动物。从上层向下层输入氧气需要湖水的搅动,同时,上层依靠这种活动获得失去的营养物质。例如上层在整个冬季都保持在 4 ℃ 以上,翻转就不再发生。湖水和其中溶解的营养物的混合只能单独依靠由风和地球自转产生的水流来进行。如果湖水的层次仍是完好的,那么就不会再有这种作用。湖上层的营养供给和湖下层的氧的储备有时会变得非常有限 (Boyce 等, 1958)。丧失的程度由冬季变暖的程度、湖的深度、风引起的湖水环流和其他因子决定。在北美和欧洲,冰川融化后发生了挤出现象,一些南部种群灭绝了,在较深的低温湖泊中保留了一些隔离种群。

在海洋中也有类似的冷暖水层,但有时被同样影响海水密度的盐度层次弄得很复杂。地球的两极地区会产生巨大的富含氧气的 4℃ 的水块,它们从海平面沉下去,并且逐渐向赤道移动,海水的混合和地核释放的热量会使它慢慢变暖。这样,世界海洋流域的很大区域里存在能够适应相当稳定的冷水温度的动物群。两极变暖会减小这些巨大的缓慢的海洋水流的体积和厚度。如果两极海水中的冰川减少,变暖将会加速进行。因为以前被冰川反射进入空间的太阳能将被海水吸收。冷的海水底层的变暖或厚度的减小以及一些地区冷水层的消失会挤出、

减少或大批杀死狭温性深海动物。这些动物比我们以前想象的要丰富得多。流速逐渐减小,最终会停滞,从而导致氧的价值降低。两极下沉的冷海水体积的减小还会减慢驱动世界海洋水流的一个动力。

(5). 捕食者、竞争者、寄生物、疾病平衡。气候改变的结果增加了生物对捕食、竞争、寄生的易感性或疾病平衡,这些又影响种群或物种的生存。例如,被逆境所迫的生物体通常对疾病的抵抗力较低,从而降低了逃避捕食者的能力。Crossman (1991)曾表示南方的鱼会向北迁移并影响本地种。Mandrak (1989) 的分析表明:很可能 27 种暖水生物会侵入五大湖并且会显著地改变现在的五大湖鱼的群落。

(6). 共生者。成千上万的物种的生存依靠共生关系。许多维管植物依靠昆虫传粉、筑礁珊瑚依赖在它们组织里的微小海藻——虫黄藻、丑鱼依赖海葵、白蚁和哺乳动物依赖肠内的细菌、80% 的种子植物依靠菌根真菌给它们的根传送营养物质,等等。这些共生模式中的一个被干扰或破坏会对另外一些模式造成严重的影响。

### 2.3 级联作用

一些直接或间接的作用只会导致个别物种一个一个地失去。但当关键的森林、珊瑚和一些特殊的种(为依赖其存在的其他种提供避所、食物或其他资源)丧失时,级联作用就会发生。根据密苏里植物园的 Peter Raven 所说,平均每种植物供养 18 种动物。加拿大生物资产目录 (Mosquin and McAllister, 1991 编写中) 中的数据表明:一种植物供养 22 种动物,Myers (1984)给出了每种植物供养 20~40 种动物的比率,McAllister (1991)估计:500 种筑礁珊瑚供养着大约 4000 种鱼,即每种植物供养 8 种鱼。

在级联作用中,一个或几个物种的丧失可以导致数个从属的二级物种的丧失。二级物种的丧失又引起三级物种的丧失,并且可以继续下去。这种作用能被计算机模拟或者符合生态学家和分类学家工作组的实验测试。

火山爆发或施用农药后的岛屿上的物种更新,这一与级联作用相反的过程提供的数据,可以被用来进行再分析,来验证雪球效应(snowball effect)(最初移入的物种为随后移入的物种提供栖息地或资源)。分析过程可以预测在什么地方物种随着扩散率的限制因子呈对数增长。生物多样性被移入率和生存率所控制,生存被环境制约,而环境又被物种的数量制约。

由于生物多样性的丧失开始影响一些基本生态功能,这些功能包括:氧气的产生、二氧化碳固定、土壤形成、侵蚀保护、水循环调节等 ( Mosquin and McAllister 编写中)。当生物多样性的丧失,发生在一个广大地区、发生在级联作用的顶端时,其后果更难预测。

人为造成的影响(例如,变暖、干旱、污染)之间的相互关系还没有充分研究。Parsons (1989)提出:对一种逆境的代谢反应会降低对第二种逆境的适应能力。他还表示:即使影响代谢率的污染物质不完全的遗传关联也会加剧对温度改变的影响。在全球和地区水平上都存在人类造成的影响,包括:气候变暖、降雨量的改变、紫外辐射和有毒物质增加、海平面升高、生态环境破坏等等。我们还需要研究这些变化以确定这些影响是否会逐渐增强、是否会协同发生。建立在实验室和野外研究数据资料基础之上的实际可行的工作模式和理论是我们需要的。比起详细论述那些协同作用和小规模的变化来,风险很大,所以我们更应该强调总的趋势。

可以断定,全球变暖将以复杂的和难以预测的方式影响生物多样性。间接作用、消失作用、挤出作用和级联作用以及生态优势会加速物种灭绝速率,这种速率比直接作用预测的灭绝速率更快速。

## 参考文献

- Boyce, F. M., Douglas, M. A., Hamblin, P. F., Murthy, C. R. & Simons, T. J. 1989. Thermal structure and circulation in the Great Lakes. NWRI Contribution No. 89 - 37: 21 - 32. Lakes Research Branch, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario
- Crossman, E. J. 1991. Introduced freshwater fishes: A review of the North American perspective with emphasis on Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 48 (Supplement 1): 46 - 57
- Environment Canada, Atmospheric Environment Service. 1990. Fact Sheet, The Greenhouse Effect: Impacts on the Arctic. Supply and Services Catalogue No. EN57 - 29/5 - 1989E. 1
- Glynn, P. W., Cortes, J., Guzman, H. M. and Richmond, R. H. 1988. El Nion (1982 - 83) associated coral mortality and relationship to sea surface temperature deviations in the tropical Eastern Pacific. Proceedings of the 6th Coral Reef Symposium, Towns
- Jones, Philip D. and Wigley, Tom M. L. 1990. Global warming trends. *Scientific American*. 263(2): 84 - 91
- Lyman, F., Minser, I., Courier, K. and MacKenzie, J. 1990. *The greenhouse trap, what we're doing to the earth and how we can slow down global warming*. Boston: Beacon Press, 190
- Mandrak, Nicholas E. 1989. Potential invasion of the Great Lakes by fish species associated with climatic warming. *Journal of Great Lakes Research* 15(2): 306 - 316.
- McAllister, Don E. 1991. What is the status of the world's coral reef fishes? *Sea Wind, Ottawa*. 5(1): 14 - 18
- McAllister, Don E., Platania, Steven P., Schueler, Fredrick W., Baldwin, M. Elizabeth and Lee, David S. 1986. *Ichthyofaunal patterns on a geographic grid*. Chapter 2. pp. 17 - 51 in Charles H. Hocutt and E. O Wiley (eds.). *Zoogeography of North American freshwater fishes*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Meisner, J. D. 1990. The role of groundwater in the effect of climatic warming on stream habitat of brook trout. 209 - 215. Proceedings from Climatic Change Symposium/Workshop, March 1990, Waterloo, Ontario
- Meisner, J. D., Goodier, J. L., Regier, H. A., Shuter, B. J. and Christie, W. J. 1987. An assessment of the effects of climate warming on Great Lakes Basin fishes. *Journal of Great Lakes Research*. 13(3): 340 - 352
- Mlot, Christine. 1991. Extinction by global warming? *BioScience*. 41(11) :754
- Mosquin, Theodore and McAllister, Don E. 1991. MS. A census and appraisal of Canadian biodiversity. Canadian Museum of Nature. 77
- Myers, Norman. 1984. *Gaia, an atlas of planet management*. New York: Anchor press, 272 .
- Parsons, Peter A. 1989. Conservation and global warming: A problem in biological adaptation to stress. *Ambio*. 18(5)
- Patalas, K. 1990. Diversity of the zooplankton communities in Canadian lakes as a function of climate. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24: 360 - 368

## THE IMPACT OF GLOBAL CLIMATIC WARMING ON SPECIES EXTINCTION

*Liu Yuming*

(Beijing Education College, Beijing 100044)

The issue of global climatic warming caused by greenhouse effect has received wide attention throughout the world. The climatic warming influences species in a complicated and unpredicted way, and increases the speed of species extinction. The impact of climatic warming on species was comprehensively reviewed in this paper. The climatic warming influences species with direct effect, including immediate effect and delaying effect, and indirect effect, including food, water, habitat, environment pop-off and squeeze-out, the balance among prey, competitor, parasite and disease and symbiont. The indirect effect probably causes species extinction more seriously

than direct effect. In addition, the impact of the chain reaction effect on species extinction was reviewed. At last, this paper suggests that the study on the impact of human activities on climatic warming should be stressed.

**Key words:** Global climatic warming, Greenhouse effect, Species

# 生 态 系 统 多 样 性



# 片断热带雨林的“岛屿效应”与物种多样性消长规律研究

许再富<sup>1</sup> 朱华<sup>1</sup> 杨岚<sup>2</sup> 刘宏茂<sup>1</sup> 杨大同<sup>2</sup> 王应祥<sup>2</sup> 杨大荣<sup>2</sup> 李朝达<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊 666303)

(<sup>2</sup> 中国科学院昆明动物研究所, 昆明 650223)

**摘要** 选择一些由于傣族历史上信仰原始多神教所保留目前已成为绿岛的“龙山林”作为对象, 对片断化热带雨林的岛屿效应进行了研究; 为了探讨在这些绿岛中物种消长的规律, 还选择了分布在西双版纳自然保护区中相同类型的植被, 假定它处在“连续”的森林中而作为对照。研究结果表明, 作为陆地绿岛的片断热带雨林, 物种多样性变化规律在很大的程度上与海洋岛屿相似, 物种的灭绝和迁入基本上符合岛屿生物地理学的核心理论区系成分的动态平衡和分类单元的循环。所以, 本研究将可为生物多样性的有效保护提供重要的理论基础。

**关键词** 西双版纳 龙山林 热带雨林 片断化 岛屿效应 物种多样性

## 1 引言

本世纪 60 年代 MacArthur 和 Wilson 提出的岛屿生物地理学理论阐明了岛屿的物种数目与面积的关系, 并认为新物种的迁入和原来物种的绝灭是趋于达到动态的平衡, 这就是平衡的理论(equilibrium theory)。此外, 由于岛屿上的物种组成随时间不断变化, 即岛屿上的物种及其种群在经常不断地转换, 而出现了分类单位循环(taxon cycle) (MacArthur, R. H. 和 E. O. Wilson, 1963, 1967)。根据这些理论, 认为如果一个生态系统的十分之一的面积保存下来, 该系统的物种仅有一半能长期生存下去。景观的破碎化使其残存的陆地生态系统成为一个个的“绿岛”, 这已成为生物多样性受威胁的重要原因之一 (Soule 和 Wilcox, 1980; 许再富等, 1994)。

西双版纳地处滇南, 是我国至今还保存有大片热带雨林的地区。在 50 年代初期, 这个地区的森林覆盖率达 55%~60%。由于近几十年来人口增加一倍多, 耕地和经济作物如橡胶、茶叶和甘蔗等种植园的面积也增加了一倍多, 而使森林覆盖率降到 27%~30%。这样, 残存的森林包括已建立的森林自然保护区均被城镇、农田、经作种植园和各种退化生态系统所包围, 成为一个个大小不一的绿岛。在西双版纳, 热带雨林主要分布在海拔高度 900~1000 m 以下的山地, 面积约 15000 hm<sup>2</sup>, 其中在自然保护区的有 11594 hm<sup>2</sup>(徐永春等, 1987)。它主要分为两个类型: 一类是湿性雨林, 主要分布在水湿条件较好的沟豁及两侧山坡上; 另一类是干性雨林, 主要分布在坝区(山间平原)周围的一些低丘上, 水湿条件较差。由于西双版纳地处东南亚热带的北缘, 山地占了该区面积的 95%, 在气候上受东南季风的影响, 一年可分为雨季与干季, 热带雨林的上层树种中有一些在干季落叶, 因而被称为热带季节性雨林 (tropical seasonal rainforest)。它们在本区的分布除了受制于海拔高度外, 还决定于局部小环境。因而, 本区热带雨林的分布不仅具有纬度上和垂直带上的过渡性, 而且与其他森林植被类型如热带季雨林(tropical monsoon forest)和亚热带常绿阔叶林(subtropical evergreen broad-leaved forest)等呈镶嵌

嵌的状态。因而,西双版纳的热带雨林,既是物种多样性最丰富,又是较脆弱的生态系统。

本研究选择了西双版纳一些位于坝子周围的低丘上,由傣族历史上信仰原始多神教所保留的“龙山林”(holy hills forest)作为研究对象,它们均属于以大药树(*Antiaris toxicaria*)、龙果(*Pouteria grandiflora*)和橄榄(*Canarium album*)等为多优势的群系(向应海,1981;朱华,1990)。这些龙山林正如上述已成了一个个的小绿岛。为了探讨在这些绿岛中物种消长的规律,本研究还选择了分布在西双版纳自然保护区中相同类型的植被,假定它处在“连续”的森林中而作为对照。

## 2 研究对象及研究方法

### 2.1 研究对象

表 1 供研究的片断热带雨林的自然环境条件

研究地点	海拔(m)	面积(hm <sup>2</sup> )	隔离状况	人为干扰情况
曼养广龙山	700	20.0	该龙山已数百年,1975年前为大勐龙自然保护区内的一部分,以后周围全部开垦为农田和橡胶园,数公里以内没有森林植被	60年代以前保护较好,70年代以后,“龙山”的少部分林地变为竹子和铁刀木( <i>Cassia siamea</i> )栽培地,进林的家畜较多
曼俄龙山	590	3.0	该龙山已建数百年,在60年代以前一边为水稻田,另一边为森林,以后森林逐步被铁刀木和其他经济林木所代替,而且在近年来,一条公路把龙山林与经济林分开了。距龙山林约1km外是勐仑热带雨林保护区	龙山在70年代以后有约10%的土地种铁刀木、砂仁( <i>Amomum villosum</i> )。家畜进林子较多
城子龙山	600	4.0	位于山丘顶部,建立时间也有数百年。在70年代时,曾是勐仑自然保护区的一部分,现在一边是铁刀木林和橡胶园,另一边是幼年次生林,在约800m以外尚有残存的片断热带雨林	由于民间传说,如砍了该龙山树木将导致灾害,故人的干扰较少。又由于离村社稍远,家畜进入较少
勐仑自然保护区	680	75000.0	该片森林属于1958年建立的勐仑自然保护区的主体,面积较大,可视为“连续”森林	由于属于政府管理的自然保护区,人类和家畜的干扰较少
植物园保护区	580	90.0	一边是罗棱江,江面约150m,另一边为橡胶林、其他人工林和少量次生林,距勐仑自然保护区约500m	60年代前是连片森林,后被择伐,80年代后成为濒危植物迁地保护区,人畜干扰较少

为使研究的对象具有可比性,在选择样本时,均选了干性季节性雨林(tropical dry seasonal rainforest)植被,属相同的植物群落类型,并且均是傣族的龙山林,受乡规民约的保护而人类的干扰较少。它们是景洪市大勐笼乡的曼养广龙山,勐腊县勐仑镇的城子龙山和曼俄龙山。作为连续森林的对照群落在勐仑自然保护区中选择(图1),有的分类群则选择中国科学院西双

版纳热带植物园的濒危植物保护区作对照。这些供研究的群落的一些背景情况如表 1 所示。

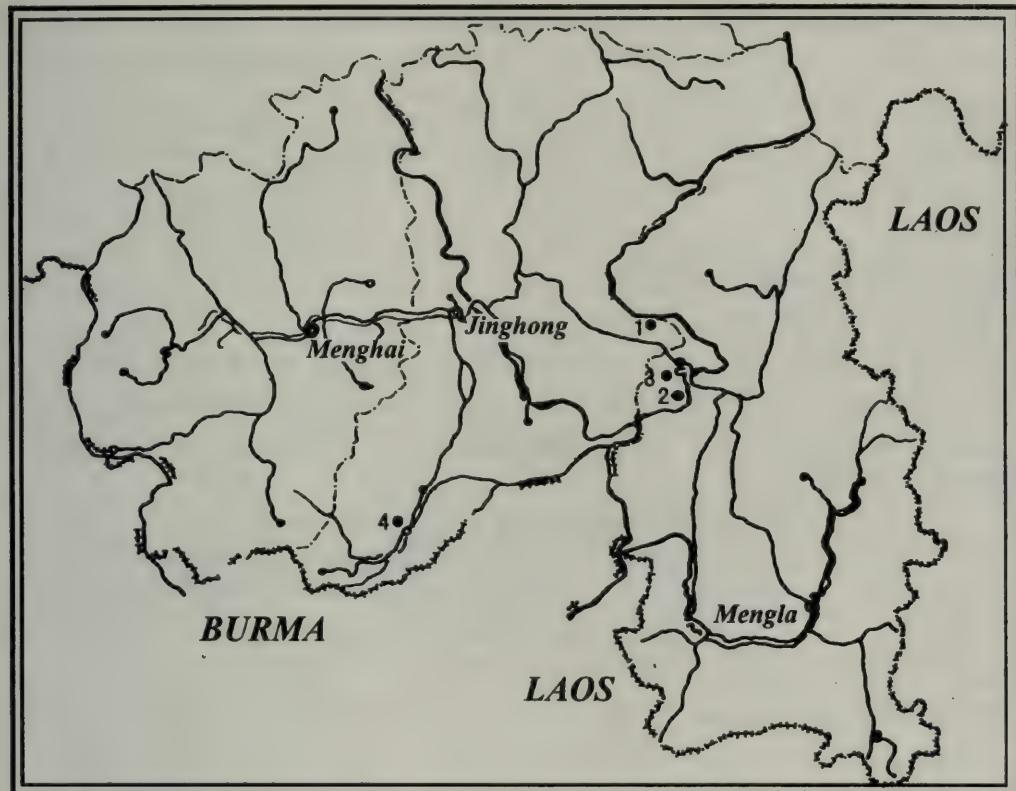


图 1 研究样地分布图

1. 勐仑自然保护区；2. 城子龙山；3. 曼俄龙山；4. 曼养广龙山

## 2.2 研究对象的环境质量的评价

根据上述各个绿岛的面积大小,隔离时间,隔离状况及人类干扰状况等,采用 5 分制的环境质量评价方法,其结果如表 2,即环境质量优劣的顺序大体是:第一是勐仑自然保护区,第二是植物园保护区,第三是城子龙山,第四是曼俄龙山,第五是曼养广龙山。

## 2.3 研究方法

本研究主要通过野外考察、观测和社会调查的方法,收集资料和采集标本、样品供室内鉴定和测试。对于植物种类和土壤动物的野外调查均采用样方的方法。通过对群落的种数—面积极的调查,确定植物种类最适的取样面积为 2500 m<sup>2</sup>,这与 E. M. Dress 所研究的印度尼西亚邦加的热带雨林和次生林取样面积相同 (Dress, 1954)。对于土壤动物的取样则在群落内从东北向西南方向,沿基本垂直的路线布设 7 个样点(林内 5 个,林缘 2 个),样地距离 50~100 m,取 50 cm × 50 cm 的表土和凋落物。而两栖、爬行类、鸟类和昆虫则采用路线观察和捕捉的方法。鼠形啮齿类采用铗捕法进行样地内物种多样性统计。社会调查主要是访问村民,了解各个龙山的建立历史,周围土地管理、历史变化和人、畜对其干扰的情况等。对于植物、鸟类和两栖爬行类的标本的鉴定都尽量到物种,而对于昆虫和土壤动物的则部分到种和部分到更高级的分类群。物种多样性指数的计算采用了 Shannon-Wiener (1949) 公式:  $H = \sum p_i \cdot \log p_i$ , 而均匀

度采用 Pielou (1975) 的公式  $J = H'/\ln S$ 。

表 2 片断热带雨林的环境质量综合评价

林地	面积大小	隔离时间	隔离程度	干扰程度	质量评价	质量等级
曼养广龙山	2.5	3.0	1.0	2.5	9.0	V
曼俄龙山	1.5	4.0	2.0	3.0	10.5	VI
城子龙山	1.0	3.5	3.5	4.0	12.0	III
植物园保护区	3.0	3.0	3.5	4.5	13.5	II
勐仑自然保护区	5.0	5.0	5.0	5.0	20.0	I

### 3 热带雨林片断化对物种多样性的影响

#### 3.1 物种丰富度(richness)和分类学多样性的变化

物种丰富度是指研究对象(地区、生态系统或群落)的物种数,而分类学多样性则进一步考虑物种之间的亲缘关系(WRI, IUCN 和 UNEP, 1993)。本研究所采用的是科以下的分类单元。植物和土壤动物以样方统计,而鸟类、鼠形啮齿类、两栖爬行类和昆虫则以所选定的样地进行调查统计,其结果如表 3。

表 3 不同片断热带雨林生物分类单元多样性的比较

	保护区			城子龙山			曼俄龙山			曼养广龙山			备注
	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种	
高等植物	61	110	152	57	108	135	54	104	113	52	86	97	
脊椎动物													
鸟类	20	89	12	38	16	38	16	30	30	括号内			
鼠形啮齿类		8(4)		6(1)		4(1)		4(1)		为遇见			
两栖类*		29		9		13		10		种			
爬行类*		36		26		18		28					
小计		162		79		73		72					
昆虫和土壤动物													
蝶类	10	48	65	9	35	46	8	29	39	-	-	-	
土壤鳞翅目	14	33	12	23	10	14			11	17			
土壤动物	24	26			27			24			类或目		
小计		98		69		53		17					
合计		412		283		239		186					

\* 两栖爬行类所指的“保护区”不是勐仑自然保护区,而是西双版纳植物园的濒危植物迁地保护区

由表 3 可以看出,由于保护区的面积最大,环境条件最好,其生物分类单元(科、属、种)的多样性均比各片断的龙山林高得多。而在各片龙山林中,情况比较复杂,除个别分类群如两栖爬行类,土壤鳞翅目昆虫等外,其他生物类群,以上所有动植物的总和都是城子龙山>曼俄龙山>曼养广龙山,与其环境的质量成正相关。如隔离状况和人类干扰不甚严重的城子龙山,虽然面积最小,但在较多的生物类群上,比起其他龙山,往往具有较高的分类学多样性。此外,各片热带雨林片断化所造成的生境单一性不同,各类生物的生态适应类型不同,也造成了这种复杂的情况,这在下文将进一步讨论。

### 3.2 物种多样性指数的变化

生态系统的片断化不仅对物种丰富度和分类学多样性产生影响,而且改变了它们的种群结构,使其在群落中的多样性指数和均匀性发生了较大变化。后者更能反映物种多样性的变化情况。不同片断热带雨林物种多样性指数和均匀度如表 4 所示。

表 4 不同片断热带雨林物种多样性指数(SHN)和均匀度(EV)的比较

	保护区			城子龙山			曼俄龙山			曼养广龙山		
	种数	SHN	EV	种数	SHN	EV	种数	SHN	EV	种数	SHN	EV
高等植物	152	4.269		135	4.207		113		3.695	97	3.367	
鸟类	89	3.619	0.806	38	2.805	0.771	38	2.876	0.791	30	2.375	0.698
鼠形啮齿类动物*	4	1.944	0.972	5	2.058	0.886	3	1.350	0.851	3	1.165	0.735
土壤鳞翅目昆虫	33	1.833	0.891	23	0.949	0.667	14	0.761	0.519	17	0.969	0.667
蝶类昆虫	65	3.595	0.947	46	3.000	0.877	39	2.694	0.901	-	-	-
土壤昆虫和动物**												
干季		0.598			0.903			0.706		0.749		
雨季	24	0.613	26	0.635	27	0.523	24			0.619		
平均		0.606			0.769			0.615		0.684		

备注: \* 物种类数系捕捉到的; \*\* 系类与目的分类群

### 3.3 物种多样性变化与物种的生物—生态特性的关系

表 3 和表 4 表明了物种多样性的各种指标与热带雨林片断的大小有一定的关系,也与它们的隔离状况以及受人类干扰程度密切相关。而进一步分析则发现这些变化还决定于物种的生物—生态学特性。

#### 3.3.1 植物生活型与物种多样性变化

表 4 统计资料表明,除了土壤动物还看不出规律性而有待进一步研究外,其他的分类群如高等植物、鸟类、鼠形啮齿类动物、蝶类昆虫和土壤鳞翅类昆虫等,它们的物种多样性指数和均匀度的变化虽与热带雨林片断的大小有一定的关系,但由于其他如隔离状况和人类干扰等各不相同,故除了勐仑自然保护区由于面积大,环境条件好,物种多样性指数和均匀度明显高于所有的龙山外,其他龙山的面积较小,而且出现面积越大,物种多样性指数和均匀度就越小的情况。分析其原因,发现这些变化与各片龙山的隔离状况和人类干扰的关系更密切。也就是说,结合对各片龙山的环境等综合评价的结果,即环境质量的优劣是城子龙山>曼俄龙山>曼养广龙山。而这些片断热带雨林的物种多样性指数均匀度的变化正与它们环境质量的优劣成正相关。植物生活型在本研究中被划分为乔木、幼树 + 灌木、草本植物、藤本植物和附生植物等。它们分布在群落的不同层次中。乔木在热带雨林中分布在第一、二、三层,即 A,B,C 层,幼树 + 灌木分布在第四层即林下 D 层,草本植物则分布在第五层即 E 层,而藤本植物和附生植物分布在群落的各层次之间,称为“层间”植物。由于不同生活型植物分布在群落的不同层次或占据了特殊的生态位(niche)而具有不同的生态适应性,它们对于热带雨林的片断化有不同的反应,表 5 表示了它们的差异。

表 5 表明了不同的生活型植物,对于热带雨林片断化有不同的敏感性。如把自然保护区视为连片森林作对照,则片断化的龙山林的木本植物(不包括藤本)、草本植物和附生植物的种类及其多样性指数除了个别情况外均比对照低,而在片断化的龙山林中,物种数和生物多样性

指数的降低与片断热带雨林环境的退化有密切关系,即与其隔离状况以及人类干扰密切相关。相反,藤本植物多是阳性植物,它们在干扰较严重的热带雨林中,尤其在林缘有较大的发展,而灌木和一些幼树(一些是外来的成份),在较开放的林内也就是林下具有较大的透光度的情况下有利其发展,所以它们的物种数及生物多样性指数在环境变化较大的龙山里也有较大的发展。

表 5 不同生活型植物的物种多样性与热带雨林片断化的关系

	保护区			城子龙山			曼俄龙山			曼养广龙山		
	种数	占种数 %	SHH	种数	占种数 %	SHH	种数	占种数 %	SHH	种数	占种数 %	SHH
乔木(A,B,C层)	46	30.1	4.558	52	38.5	4.871	37	32.7	4.281	18	38.6	3.126
幼树+灌木(D层)	49	32.2	5.300	29	21.5	4.727	35	31.0	5.264	45	46.4	4.64
植物(E层)	25	16.4	4.546	13	9.6	4.054	7	6.2	2.695	7	7.2	3.078
藤本植物(层间)	26	17.1	4.355	35	25.9	4.916	31	27.4	4.676	23	23.7	4.142
附生植物(层间)	6	3.9	2.587	6	4.4	2.470	3	2.7	1.557	4	4.1	1.846
合计(平均)	152	100.0	(4.296)	135	100.0	(4.207)	113	100.0	(3.695)	97	100.0	(3.367)

### 3.3.2 不同生态型的鼠形啮齿类动物对热带雨林片断化的反应

在本研究的群落中,捕捉到的鼠形啮齿类动物有6种。其中社鼠(*Niviventer confucianus*),刺毛鼠(*N. fulvescens*)和红刺鼠(*Maxomys gurifer*)是典型的森林种类,主要栖息于原始林及林缘灌木丛中,以各种野生坚果、嫩草和昆虫为食;斯氏家鼠(*Rattus rattus gladeni*)和环齿鼠(*R. sikkimensis*)则常栖于房舍、草地周围以及灌木丛中,食物以农作物为主,也食野果、昆虫。此外,尚有4种为非捕的遇见种,它们是明纹花鼠(*Tamiops maclellandi*),赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、隐纹松鼠(*Tamiops swinhoei*)和银星竹鼠(*Rhizomys pruinosus*)都属于森林种类。它们在各片热带雨林的分布及其多样性见于表6。

表 6 不同龙山林和自然保护区鼠形啮齿类动物物种多样性比较

	保护区			城子龙山			曼俄龙山			曼养广龙山			备注
	个体数	相对丰富度	个体数	相对丰富度	个体数	相对丰富度	个体数	相对丰富度	个体数	相对丰富度	个体数	相对丰富度	
捕获鼠类	斯氏家鼠*	6	31.58	3	16.67	21	48.84	32	56.14	*	村舍鼠类		
	环齿鼠*	4	21.05	5	27.78	18	41.86	23	40.35	**	森林鼠类		
	红刺鼠*	-	-	2	11.11	-	-	2	3.51				
	刺毛鼠**	3	15.79	1	5.56	-	-	-	-				
	社鼠**	6	31.58	7	38.89	4	9.30	-	-				
遇见种类	明纹花鼠**	+	100	+	50	+	33	+	25	+	遇见		
	隐纹花鼠*	+	-	-	-	-	-	-	-				
	赤腹松鼠**	+	5	-	-	-	-	-	-		数字为遇		
	银星竹鼠**	+	?	-	-	-	-	-	-		见率%		
	合计种数	8		6		4		4				捕获+遇见	
种的多样性指数	1.944		2.058		1.350		1.165					以捕获计	
均匀度	0.972		0.886		0.851		0.735					以捕获计	

从表6可以清楚地看出,连续森林的自然保护区具有较好的热带雨林环境和受人类的干扰较少,那里具有最多的鼠形啮齿类动物(8种),绝大多数(75%)是森林种类。而在各片龙山林中,森林种类随着环境的退化而灭绝或减少,村舍的种类则增加(50%),而物种多样性指数和均匀度也具有相同的趋势,即保护区>城子龙山>曼俄龙山>曼养广龙山。

### 3.3.3 不同生态型的两栖爬行动物对热带雨林片断化反应

两栖爬行类具有树栖、地栖、穴居和水栖多种生态类型:①树栖型:每年出蛰后大部分时间在树上或灌木丛中活动或觅食,偶尔下地活动。两栖类在繁殖季节到水边产卵,爬行类只产卵在洞中;②地栖型:出蛰后大部分时间都在地表活动,无爬树能力,繁殖季节多活动在水边或水中;③穴居型:出蛰后多数时间在土凹、土洞或倒树下或石块下至水边的石缝中活动,繁殖季节在水边或水中产卵;④水栖型:出蛰后多数在水中或水边活动,离不开水。由于两栖爬行具有上述多样的生态型,所以它们对片断热带雨林的反应不仅与上述的片断大小、隔离状况和人类的干扰程度有关,而且它们与片断雨林的水湿条件有更密切的关系。它们在所观测群落的分布状况如表7。

由表7可以清楚地看到,由于保护区(植物园)具有较大的面积( $90 \text{ hm}^2$ ),受人类干扰较轻,而且具有多样性的生境,尤其有较好的水湿条件,所以它不仅具有种类最多的两栖爬行种类,而且具有较多要求水湿条件较好的穴居和水栖的种类,即具有生态类型的多样性。在各个龙山林中,两栖爬行类的种类有随着龙山面积的减少而减少的趋势,其中曼俄龙山由于有一面靠近水田,所以在两栖类中,比其他两个龙山物种稍多一些。又由于各龙山林内水湿条件差,又缺乏水体,它们均没有穴居两栖种类和没有两栖和爬行类的水栖种类。

表7 不同生态类型的两栖爬行类在片断热带雨林的状况

地点	两栖类		爬行类 (种数/占种数的%)	合计
	树栖	8/0.28		
保护区*	地栖	11/0.38	14/0.39	25/0.39
	穴栖	2/0.07	8/0.22	10/0.19
	水栖	8/0.28	3/0.08	11/0.21
	合计(种)	29	36	65
	树栖	8/0.89	10/0.38	18/0.61
城子龙山	地栖	1/0.11	13/0.50	14/0.47
	穴栖	3/0.12	3/0.12	-
	水栖	-	-	-
	合计(种)	9	26	35
	树栖	8/0.62	9/0.50	17/0.56
曼俄龙山	地栖	5/0.38	8/0.44	13/0.42
	穴栖	-	1/0.06	1/0.06
	水栖	-	-	-
	合计(种)	13	18	31
	树栖	8/0.80	11/0.39	19/0.56
曼养广龙山	地栖	2/0.20	14/0.50	16/0.46
	穴栖	-	3/0.11	3/0.11
	水栖	-	-	-
	合计(种)	10	28	38

\* 西双版纳植物园保护区

#### 4 片断热带雨林 30 年前后物种多样性的变化

上述的研究是比较了不同状况片断热带雨林物种多样性变化的一些规律。那么,随着时间的变化,片断热带雨林物种多样性将发生什么变化?为此,我们选择了曼养广龙山的植物进行了研究。

在 1959 年曼养广龙山林面积约  $20 \text{ hm}^2$ , 分布着热带干性季节性雨林的几个群落类型。本研究引用的样方资料均代表“龙果 + 白榄”群落, 面积均是  $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ 。1959 年的样方资料引自向应海的研究(向应海, 1981), 而 1991 年的资料是作者调查的。需要说明的是, 前后样方的具体位置不完全吻合。群落的建群种决定了群落的类型, 本研究对所选用的前后两个样方的 A 层成分进行了相似比较,  $S = 2C/(a+b) \times 100 = 211/(13+13) \times 100 = 84.6$ , 说明基本相似, 具有可比性。

作者对区系成分进行了野外调查、标本采集和室内鉴定, 并对 1959 年样方所记载的物种进行订正, 为了便于比较, 种群类型的划分仍采用向应海(1981)的方法, 即根据各层的构造种群成分中是否具有全部层次的个体划分为连续种群(Cp)和间歇种群(Ip)两类。

表 8 曼养广龙山干性季节雨林植物物种 30 多年来的变化(样方  $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ )

物种名称	种群类型					分布区类型	群落确限度		
	E	D	C	B	A				
<b>A 层</b>									
糙叶树	25/622	2/620	0/0	0/0	0/2	Ip/Ip	7-1	Ch	(Rd+, Rw-)
见血封喉	25/101	8/100	0/0	0/0	0/0	Ip/Ip	7-1	Ch	(Rd+, Rw-)
滨木患	51/163	9/160	0/0	0/0	0/1	Ip/Cp	7-1	pr	(Rd+, Rw-, Mn)
白榄	75/	-2/	-0/	-0/-	2/-	Ip/-	7-3	pr	(Rd+, Rw, Mn-)
印度栲	-/50	-/10	-/0	-/0	-/0	-/Ip	7-2	In	(Rd+, Rw-)
毛麻栎	-/15	-/5	-/0	-/0	-/0	-/Ip	7-2	Ch	(Rd+, Rw-)
东南榕	3/-	0/-	2/-	1/-	0/-	Ip/-	7-3	pr	(Rd+, Rw-, Mn)
大叶白颜树	635/46	0/20	7/8	13/13	0/5	Ip/Cp	7-1	Ch	(Rd+, Rw, Mn-)
粘木	5/62	27/60	2/0	1/0	0/2	Ip/Ip	7-3	Ch	(Rd+)
泰国杧果	1/5	1/0	0/0	0/3	0/2	Ip/Ip	7-3	Ch	(Rd+, Rw-)
云南红豆	0/121	2/120	1/0	0/1	0/0	Ip/Ip	16	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
车里暗罗	0/45	1/15	0/-	0/-	2/-	Ip/Ip	17	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
龙果	464/1	3/0	8/6	1/0	0/1	Ip/Ip	7-2	Pr	(Rd+, Rw-)
假鹊肾树	16/82	0/80	1/0	0/1	0/1	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
半枫荷	287/626	11/620	0/0	0/2	0/4	Ip/Ip	7-2	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
盆架树	1/3	1/2	0/1	2/0	0/2	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
<b>B 层</b>									
滇南菠萝蜜	1/-	0/-	2/-	0/-		Ip/-	7-2	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
山油甘	80/75	8/45	2/0	1/0		Cp/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
樟叶朴	-/15	-/5	-/0	-/0		-/Ip	7-1	In	(Rd+, RW, Ma-)

(续表)

物种名称	种群类型					分布区类型	群落确限度	
	E	D	C	B	A			
滇南桂	404/800	2/20	2/0	1/0	Ip/-	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
齿叶猫尾木	-/15	-/5	-/0	-/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
小叶杜英	4/15	0/5	0/1	0/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
云树	115/-	3/-	0/-	3/-	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
长裂藤黄	61/10	2/0	0/0	0/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn)
大叶藤黄	75/18	0/2	1/0	1/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
山木患	-/15	-/5	-/0	-/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
红光树	60/90	3/10	1/0	0/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
小叶红光树	34/18	0/2	0/0	1/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
香花木姜子	6/130	34/20	2/0	1/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
伞花木姜子	-/15	-/5	-/0	-/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
破布木	4/18	7/2	1/0	0/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
海南韶子	0/-	9/-	0/-	0/-	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
越南炭木	9/18	59/2	3/0	0/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
高檐蒲桃	66/-	33/-	1/-	1/-	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
泰国黄叶树	5/18	9/2	9/0	7/0	Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
C层								
海红豆	5/100	4/20	0/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
毛华瓜木	15/-	3/-	1/-		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
合欢	62/-	3/-	1/-		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
五月茶	12/57	9/2	3/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
紫龙树	-/15	-/5	-/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
大桫叶	7/300	41/10	5/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
匣花紫金牛	45/20	27/0	6/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
木奶果	20/18	12/2	7/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
猪肚木	-/60	-/20	-/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
鱼尾葵	12/18	5/2	2/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
溪桫	41/-	10/-	8/-		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
老挝棋子豆	-/15	-/5	-/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
多裂黄檀	4/20	14/20	0/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
红果葱臭木	-/18	-/2	-/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
尖尾榕	0/-	1/-	1/-		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
突脉榕	0/18	1/2	1/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
算盘子	-/15	-/	-/0		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)
越南山龙眼	1/-	1/-	1/-		Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+,Rw,Mn-)

(续表)

物种名称	种群					分布区类型	群落确限度	
	E	D	C	B	A	类型		
藏药木	- / 30	- / 10	- / 0		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
亨氏李榄	0 / -	2 / -	1 / -		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
大参	- / 15	- / 5	- / 0		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
狭序豆树	- / 15	- / 5	- / 0		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
毛果桐	- / 15	- / 5	- / 0		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
白背桐	0 / -	6 / -	1 / -		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
美花豆树	- / 18	- / 2	- / 1		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
叶轮木	0 / -	1 / -	1 / -		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
披针叶楠木	22 / 76	4 / 4	9 / 0		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
围涎树	2 / -	5 / -	1 / -		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
鹅掌柴	0 / 18	- / 2	- / 2		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
湄公硬核	- / 0	- / 0	2 / 0		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
巴巴叶	- / 15	- / 5	- / 0		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
饼树	- / 15	- / 5	- / 0		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
越南山香缘	- / 60	- / 20	- / 1		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
光叶倒吊笔	94 / -	6 / -	2 / -		Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
D 层								
极叶山麻苋	- / 15	- / 5			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
铁屎米	3 / 87	12 / 3			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
薄叶山柑	0 / 100	10 / 22			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
弯管花	- / 40	- / 80			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
大叶黄皮	238 / 20	77 / 4			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
小叶臭黄皮	0 / -	9 / -			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
泰国垂茉莉	0 / 18	24 / 2			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
长叶臭茉莉	1 / 100	42 / 40			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
银叶巴豆	0 / 200	3 / 65			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
狗牙花	1 / 50	52 / 10			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
毛果算盘子	- / 15	- / 5			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
粗叶木	1 / -	4 / -			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
三叉苦	0 / 50	3 / 13			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
印度杜茎山	- / 20	- / 0			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
野牡丹	6 / -	7 / -			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
滇谷木	2 / 50	52 / 10			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
地黄莲	0 / -	25 / -			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)
玉叶金花	- / +	- / +			Ip/Ip	7 - 1	Pr	(Rd+, Rw, Mn -)

(续表)

物种名称	种群类型					分布区类型	群落确限度		
	E	D	C	B	A				
露蔸树	4/-	2/-				Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
苦竹	0/-	204/-				Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
三角瓣花	10/-	28/-				Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
九节木	20/-	7/-				Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
弯刺山黄皮	-/+	-/+				Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
乌口树	25/18	22/2				Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
云南山黄黄皮	5/-	30/-				Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)
粗叶悬钩子	-/15	/5				Ip/Ip	7-1	Pr	(Rd+, Rw, Mn-)

\* 1959 年的资料引自向应海(1981),拉丁名经作者订正;2. 种群类型 species population type, CP: 连续种群 continued population, Ip: 间歇种群 intermittent population 3. 种群确限度 community exclusiveness, Ch: 特征种(character species), Pr: 适宜种 (preferential species), In: 随遇种(indifferent species), Ex: 外来种 (先锋植物) (exotic species), Rd: 干性季节性雨林 (dry tropical rainforest), Rw: 湿性季节性雨林 (wet tropical rainforest), Mn: 季雨林 (monsoon forest), Eg: 亚热带常绿阔叶林 (Subtropical evergreen broad-leaved forest), 符号“+”和“-”表示与该群落类型联系程度的强弱

本研究对于物种与本区几个主要植被类型: 热带干性季节性雨林(Rd)、湿性季节性雨林(Rw)、季雨林(Mn)和南亚热带常绿阔叶林(Eg)群落的联系程度采用 R. 达诺(1972)群落确限度系统即:(1)特征种(Ch),(2)适宜种(Pr),(3)随遇种(In)和(4)外来种(Ex)进行分析。“曼养广龙山林”50 m×50 m 样方的植物区系成分及其种群的变化见表 8。

#### 4.1 各层次物种变化趋势

从表 8 得知, 1959 年的样方共有乔灌木 68 种, 1991 年为 70 种, 物种数差异不大, 而前后的物种相似系数为 62.0, 说明变化较大。

表 9 曼养广龙山林木本植物区系成分变化与物种群落学特征的关系(1959~1991)

层次	Ch			Pr			In			Ex			小计			合计	
	R	D	N	R	D	N	R	D	N	R	D	N	R	D	N	R	D
A	4	-	1	7	2	-	-	-	1-	-	-	-	11(85)	2(15)	2(15)	15	
B	1	-	-	9	3	2	1	1	2	1	-	-	12(75)	4(25)	4(25)	20	
C	-	-	1	5	5	9	4	3	3	1	2	1	10(50)	10(50)	14(58)	34	
A+B+C	7			43			16			5			33(67)	16(33)	20(38)	69	
D	1	1	-	5	4	1	2	3	5	2	1	1	10(53)	9(47)	71(41)	26	
小计	6	1	2	26	14	12	7	7	11	4	3	2	43	25	27	95	
(Sp./%)	(86)	(14)	(25)	(65)	(35)	(32)	(50)	(50)	(61)	(57)	(43)	(33)	(63)	(37)	(39)		
合计(Sp.)	9			42			25			9			95				

(Rr): Preserving species%; Rr:  $R/(R+D) \times 100$ ; Ch: 特征种 character species; D(r): disappearing species%; Dr =  $D/(R+D) \times 100$ ; Pr: 适宜种 preferential species; N(r) = increasing species%; Nr =  $N/(R+D) \times 100$ ; Ex: 外来种 exotic species; In: 随遇种 indifferent species

曼养广龙山林木本植物区系成分变化与物种的群落特征关系的分析结果如表 9。表 9 表明物种的消长与它们在群落中所处的层次关系密切。乔木植物(A. B. C)保存率(Rr)高于灌木(D);而在乔木层中,新增率则是 A < B < C。此外,从该群落样方物种 1959 年和 1991 年的相似系数看,A 为 84.6,B 为 75.0,C 为 45.5,(A+B+C 为 65.0),D 为 55.5。说明经过 30 多年,乔木层中 A 和 B 的成分比较稳定,C 和 D 的成分变化较大,C 和 D 的消长率和新增率较高。

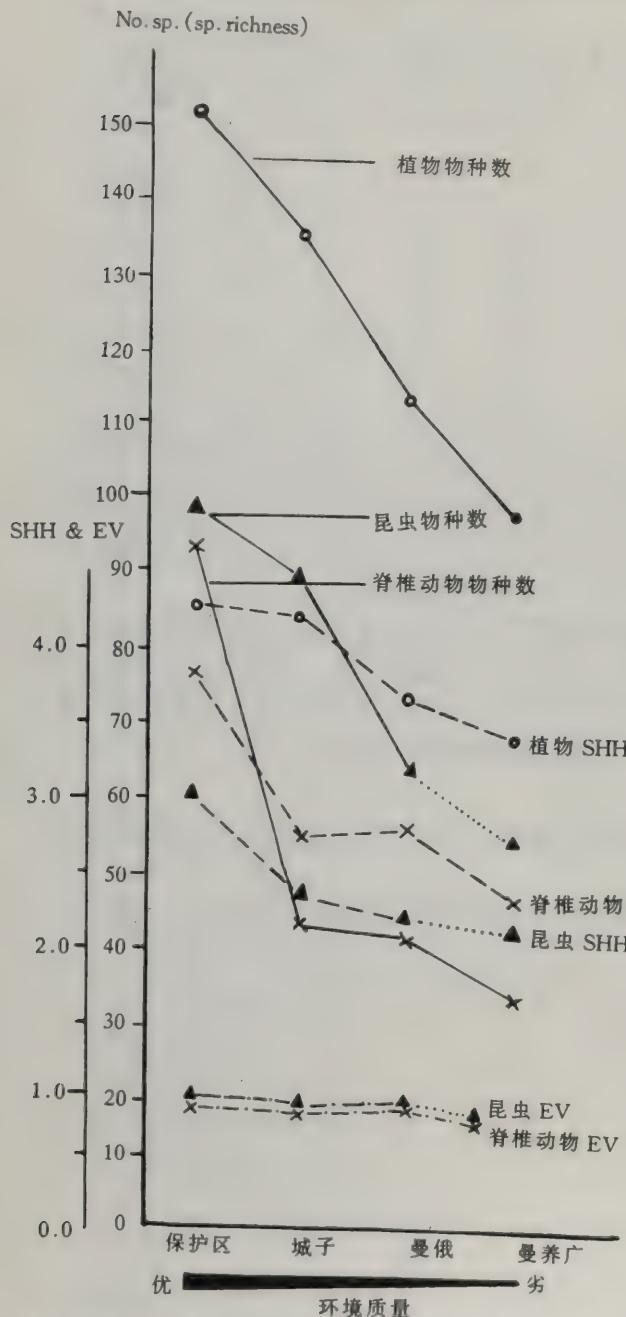


图2 片断雨林环境质量与物种丰富度在物种多样性指数和均匀度的关系

(.....为推算数据) I. 保护区, II. 城子, III. 曼俄,  
IV. 曼养广 A. 植物种数, B. 昆虫种数, C. 脊椎动物  
种数; a. 植物多样性指数, b. 昆虫多样性指数, c. 脊  
椎动物多样性指数

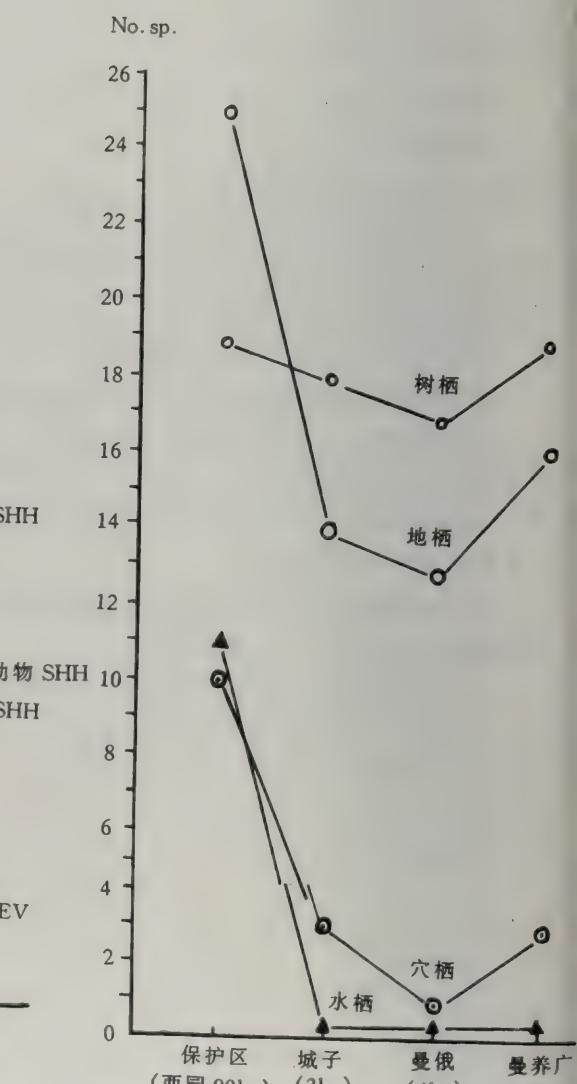


图3 不同生态类型的两栖爬行类动物片断热带雨林的分布  
A. 树栖, B. 地栖, C. 穴栖, D. 水栖

#### 4.2 物种多样性指数的变化趋势

曼养广龙山林群落(样方)的A,B,C,D层的物种多样性指数的统计结果见表9。表9表明1959年群落(样方)的物种多样性指数为5.2346,至1991年减为3.9703,降低了24%。各层次的物种多样性指数由A至D呈递增趋势,到1991年,除了A层成分的一些预备种群经30多年后上升成为构造种群,而物种多样性指数提高外,其他层次都降低了,下降最多的是C层。

#### 4.3 物种消长与其群落确限度的关系

表8所表明的95种植物中,属于1959年原来的物种43种,保存率为63%,消失的25种,消失率34%,而新增加的27种,新增加率39%。然而,物种的消长与其群落确限度有密切的关系:①物种保存率:Ch>Pr>In<Ex;②物种消失率 Ch<Pr<In>Ex;③物种新增率:Ch<pr<In>Ex。

这说明群落中的特征种(Ch)最稳定,其次是适宜种(Pr)。经30多年,消失率和新增率相对平衡,而在群落中消失和新增加的主要是随遇种(In)和外来种(Ex)。

表10 曼养广龙山林各层次植物多样性指数的比较(50 m×50 m 样方)\*

年份	物种	A层	B层	C层	A+B+C	D层	A+B+C+D
	1959	物种数	2	13	33	(37)	5996
植株数	5	34	96	(135)	946	1080	
多样性指数		0.9710	2.5243	4.5364	(4.5228)	4.6450	5.2346
1991	物种数	10	6	8	(16)	62	78
	植株数	21	21	16	(58)	2414	2472
多样性指数		3.0780	1.7809	2.3748	(2.9880)	3.8056	3.9703
1991~1995	物种数	+8	-7	-25	(-21)		+3~16
	植株数	+16	-13	-80	(-77)	+1468	+1391
多样性指数		+2.1070	-0.7434	-2.1616 (-1.5348)	-0.8394		-1.2643

\* 本表各层次的物种多样性指数系根据该层次物种的种群(不论是构造种群还是预备种群)而计算的,故物种的总数与其他表格不同,但能较好地反映处在各层次的物种多样性

表11 曼养广龙山林木本植物种群类型变化与物种的群落学物性关系

层次	Ch		Pr		In		Ex		小计		合计
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
A	2	1	1	5	1	3	-	-	-	-	7(54) 2(15) 4(31) 13
B	-	-	1	7	-	5	1	-	1	-	1 8(50) 0(0) 8(50) 16
C	-	-	-	4	-	6	1	-	7	-	2 5(25) 0(0) 25(75) 20
A+B+C	5	31	10	3	21(42)	2(4)	27(54)	50			
D	1	-	1	2	3	4	2	-	3	1	1 6(32) 4(21) 9(47) 19
小计	3	1	3	18	4	18	4	0	11	1	1 4 26 6 36 68
S./%	(43)	(14)	(43)	(45)	(10)	(45)	(27)	(0)	(73)	(17)	(17) (66) (38) (9) (53)
合计	7		40			15			6		68

#### 4.4 植物种群类型的变化趋势

根据表8各种植物种群类型统计,1959年原有的68种植物,具有连续种群(Cp)的29种,占43%,属于间歇种群(Ip)的39种,占57%,经过30多年以后,具连续种群的植物仅12种,

占 18%，减少 25%，间歇种群的植物 31 种，占 46%，而在群落(样方)中消失的种类有 25 种，占 38%。群落中的种群类型由 CpIp 或由 Ip 和 Cp 到消失可视为退化(Dd)，由 IpCp 为发展(Id)，其他为保持(Rd)，则从表 8 可以统计出表 11。由表 11 可以看出，种群类型的退化程度乔木成分略高于灌木，而乔木层的退化则是 A<B<C。以物种的群落确限度而言，种群退化程度 Ch < Pr < In > Ex。而种群类型保持不变的情况是 Ch < Pr > In > Ex。

## 5 讨论与结论

MacArthur 和 Wilson (1963, 1967) 认为，岛屿生物种类的丰富程度完全取决于两个过程，即新物种的迁入和原来占据岛屿物种的灭绝。当迁入率和灭绝率相等时，岛屿物种数达到动态平衡状态，即物种的数目相对稳定，但物种的组成却不断变化和更新。这就是岛屿生物地理学理论的核心问题(韩兴国, 1994)。上述对片断热带雨林物种变化研究结果基本上符合岛屿生物地理学的理论。但由于陆地的绿岛的形成和环境等与海洋岛屿存在着显著的不同，前者更为复杂，所以物种的变化有它自身的一些规律。

在海洋岛屿上物种的丰富度主要决定于岛屿的面积大小、间隔时间以及与主要陆地的距离。由于我们对片断热带雨林的选择是由西双版纳傣族宗教信仰所保护下来的龙山林，它们的面积均较小，分别是 3, 4, 14 hm<sup>2</sup>；它们通过乡规民约获得了上百年的保护，在本世纪 50 年代以前，该地区还保存有 55% ~ 60% 的森林覆盖率，所以它们造成隔离的时间均只有 30 ~ 40 年。由于各地区景观破碎化的程度不同，而与大片森林的距离也不同，小的仅约 0.5 ~ 1 km，大的约 10 km。这样，丰富度在各片断热带雨林中虽然有差别，但它们与热带雨林片断的大小以及隔离状况除个别外还没有呈显著的规律性变化。当然，新物种的迁入和原片断雨林物种的灭绝的状况颇似海洋岛屿的情况。如在曼养广龙山，对比 1959 年和 1991 年的样方(2500 m<sup>2</sup>)，在 1959 年共有木本植物 68 种，到 1991 年灭绝了 25 种，灭绝率 36.8%，而至 1991 年该样方共有木本植物 70 种，新迁入 27 种，迁入率 38.6%，可以认为两者是基本平衡的。这种结果与 Diamond (1969) 对美国南加州沿岸几个岛屿上鸟类的 50 年前后变化的研究结果相同。

进一步的统计、分析则发现，各片断热带雨林物种的组成和它们的种群结构、格局等都发生了显著的变化。这种变化与热带雨林的片断大小(因都较小)和隔离时间(因都较短)虽有关系，但不显著。相反，却与它们的隔离状况和人类的干扰程度密切相关。几个龙山林的面积是曼养广 > 城子 > 曼俄，但它们的环境优劣经综合评价的结果是：曼养广 < 曼俄 < 城子。而勐仑自然保护区以及植物园保护区不管是面积还是环境条件均优于所有的龙山，可视为连续森林而作对照。图 2 来自表 4 的数据，并把它们作适当的归类。结果表明，植物、脊椎动物和昆虫等生物类群，它们的物种丰富度、物种多样性指数和均匀度(除个别外)基本上与片断热带雨林环境质量的优劣成正相关，即保护区 > 城子 > 曼俄 > 曼养广。

森林生态系统的片断化所产生的生态环境的变化已有过很多的研究，如 Lovejoy 等 (1986) 研究报道了热带森林片断化后，边缘 10 ~ 5 m 带内藤本植物蔓延。Hobbs 和 Atkins (1988) 报道了风的影响加大了植物的机械损伤和水分的蒸散。此外也加强了外来种的传播等。Peck 和 Williamson (1989) 等报道了片断森林的水土流失加重。此外，景观的破碎化也导致片断森林内生境异质性的损失等(韩兴国, 1994)。我们对片断热带雨林环境的变化的观察和观测也都证实了这些变化(许再富, 1994)，尤其边缘效应(Edge effect)和内凛效应(internal effect)，它使热带雨林内部的小气候由“凉湿效应”(Wet - cool effect)向“干暖效应”(dry -

warm effect)转化”。由于不同生物类群及其物种具有不同的生物—生态学特性,它们对生境退化和不稳定的片断热带雨林具有不同的敏感性,并表现出不同的适应性—迁入或灭绝或衰退。如在受干扰较严重和靠近村社的龙山林(曼养广和曼俄)中,村舍鼠大量繁殖,成为优势种(相对丰富度>95%),而森林鼠类消失或种群很小。由于所有龙山林均没有水塘或小溪流,所以都没有水栖型的两栖爬行种类。而在植物园迁地保护区不仅面积较大,而且具有水塘和小溪流,那里不仅分布有较多种类的两栖爬行动物,而且还具有生态类型的多样性(图3)。以植物种类而言,曼养广龙山经过30多年的演化,灭绝的主要是热带雨林的成分,而迁入的主要是一些喜阳的先锋植物。由于林内的小环境的变化和迁入植物的强烈竞争,已使该群落A层的31%和B层的50%的植物种类的种群进一步退化,即A层的乔木有87.5%和B层的100%的种类均属间歇型的种群类型。所以,随着时间的推移,现有A,B,C层的物种及个体将逐步减少。而群落类型也将发生变化。

上述的研究表明,作为陆地绿岛的片断热带雨林,物种多样性变化规律在很大的程度上与海洋岛屿相似,物种的灭绝和迁入基本上符合岛屿生物地理学的核心理论区系成分的动态平衡和分类单元的循环。所以,对其研究将可为生物多样性的有效保护提供重要的理论基础。但是由于陆地上的绿岛与海洋上的岛屿具有显著不同的历史背景和现在的隔离状况,它们受人、畜的干扰程度也不同,很复杂。此外,由于不同生物类群及其物种具有不同的生物—生态学特性和在群落中占据着不同的生态位,所以它们在不同的片断热带雨林中具有一些更复杂的特殊变化规律,需要更全面和更深入的研究。

#### 参 考 文 献

- 达诺.R.著.张绅等译.1972.生态学概论.兰州:甘肃人民出版社
- 韩兴国.1994.岛屿生物地理学理论与生物多样性保护.见钱迎倩,马克平(主编).生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科学技术出版社,83-103
- 徐永春,姜汉侨,全复(主编).1987.西双版纳自然保护区综合考察报告.昆明:云南科技出版社
- 许再富,朱华,刘宏茂等.1994.滇南片断热带雨林物种多样性变化趋势.植物资源与环境.3(2): 9-15
- 向应海.1981.滇南热带雨林中种群配置的初步研究.云南植物研究.3(1): 57-73
- 朱华.1990.西双版纳热带雨林植被.热带地理.10(3): 234-240
- Diamond,J. M. 1972. Biogeographic kinetics. estimation of relaxation times for avifauna of Southwest Pacific Islands. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 69: 3199-3203
- Dress,E. M. 1954. The minimum area in tropical rainforest with special reference to some types in Bangka (Indonesia). Vegetatio. 5-6: 517-523
- Hobbs,R. J. and Atkins. 1988. The effects of disturbance and nutrient addition on native and introduced animals in the Western Australia. Journal of Ecology. 13: 171-179
- Lovejoy,J. E. et al. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In M. E. Soulé(ed). Conservation Biology. The Scarcity and Diversity. Massachusetts:Sinauer,257-285
- Mac Arthur,R. H. and E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton:Princeton University Press
- Peck,A. H. and D. R. Williamson. 1987. Effects of forest clearing on groundwater. Journal of Hydrology. 94:47-66
- Pielou,E. C. 1975. Ecology Diversity. New York: John Wiley and Sons,371-387
- S. Hannon,C. E. and W. Wiener. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana:Univ. Illinois Press
- Soulé,M. E. and B. A. Wilcox. 1980. Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Approach. Sunderland,Massachusetts: Sin-

auer Associates, 395

WRI, IUCN 和 UNEP. 1992. 中国科学院生物多样性委员会译. 1993. 全球生物多样性策略. 北京: 中国标准出版社

## STUDIES ON THE “ISLAND EFFECT” OF FRAGMENTED TROPICAL RAINFORESTS AND THE REGULARITY OF THE CHANGE OF SPECIES DIVERSITY

Xu Zaifu<sup>1</sup>, Zhu Hua<sup>1</sup>, Yang Lan<sup>2</sup>, Liu Hongmao<sup>1</sup>, Yang Datong<sup>2</sup>,  
Wang Yingxiang<sup>2</sup>, Yang Darong<sup>2</sup>, Li Zhaoda<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Tropical Garden of Xishuangbanna, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303)

(<sup>2</sup>Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

Some “Longshan (Dragon Hill) forests”, which were kept originally and became “green islands” because of the religious belief in the history of Dai Nationality, were selected as research objects in this paper to study the so-called “island effect” of the fragmented tropical rainforests; and the same vegetation forms distributed in the Xishuangbanna Nature Reserve were also selected as comparison by assuming them as not being disturbed in continuum forests. The result of this research shows that the regularity of the change of species diversity in the fragmented tropical rainforests in land is similar to that of islands in the sea, for the extinction and immigration of species accord with the core theory of island biogeography, i. e. the dynamic balance of floristic elements and the circulation of taxonomic units, on the whole. Therefore, this research will be able to provide an important theoretical basis for the efficient protection of biodiversity.

**Key words:** Xishuangbanna, Longshan (Dragon Hill) forest, Rainforest, Fragmentation, Island effect, Species diversity

# 秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究\*

## I. 演替系列的群落基本特征及其生活型谱分析

高贤明 陈灵芝 黄建辉 万师强 王巍

(中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** 研究了太白山弃耕地处于各演替阶段的植物群落的组成和结构,分析了演替系列的群落生活型谱,结果证明,在次生裸地的演替过程中,群落组成成分在生活型谱上显示了明显的变化趋势:随着演替的进展,群落由一年生生活型植物(T)占优势迅速地过渡到以地面芽植物生活型(H)和高位芽植物生活型植物(Ph)占优势。在整个演替过程中,一年生植物,无论是物种数还是个体数,在群落中所占的比重均呈倒“J”型下降,而高位芽植物则呈“S”型上升。

**关键词** 太白山 弃耕地 群落演替 生活型谱分析

### 1 引言

群落演替的研究一直是生态学领域的一个热门话题。本世纪初期,Clements(1916)系统地提出了演替学说,为群落演替的研究奠定了科学的基础。随着近年来计算机及其它学科的发展,群落演替的研究也逐渐地由定性描述阶段发展到定量分析阶段,并通过群落与环境之间关系的动态分析和模拟,建立演替的动态模型,用来反映群落随时间的变化趋势以及预测群落对环境变化的反应(Kapp,宋永昌译,1986;McCook,1994)。

群落演替的研究是基于对同一群落在不同的时间系列中的变化来进行的。但由于演替,尤其是森林群落的演替是一漫长的过程,在短期内很难获得演替过程的全部信息。因此,如何在比较短的时间内尽量多地了解群落演替过程中的基本信息是研究的关键。通常,人们通过对相同或相似的环境条件(立地条件)、群落受到相同或相似的干扰,但发育的时间明显不同的群落类型作为研究群落演替的对象(Daubenmire,陈庆诚译,1982;Mueller-Dombuis 和 Ellenberg,鲍显诚等译,1986)。

随着人类活动的增强,生境的破碎化和由此而导致的生态系统的退化正日益引起生态学和社会各界的广泛关注。研究次生裸地演替过程中群落的物种组成、群落结构、功能,以及多样性等方面的变化规律,有助于全面地认识和理解演替的实质,掌握演替的内在机制,为退化生态系统的人工恢复和重新组建寻找有效的途径提供科学依据。

### 2 研究方法

#### 2.1 研究地区环境概况

地处暖温带南部边缘太白山是秦岭主峰,最高峰拔仙台海拔3767 m,为暖温带第一高峰。年均温1~5℃,年降水量1000 mm左右。由于人类活动的结果,在海拔1500 m左右的村落

\* 国家自然科学基金资助项目(39570125)和国家基础重大项目(85-PD-31-03)的部分内容;中国科学院植物研究所生态室熊高明先生参加野外调查;野外工作得到了陕西省林业厅、陕西周至老县城自然保护区、太白山自然保护区等有关单位的支持和帮助

附近地势较平坦的山坡下部,存在着一定面积的农田以及由于土地日益瘠薄而被撂荒的弃耕地。农田主要农作物为莜麦(*Avena nuda*)。由于撂荒的时间不同,因而发育着处于不同演替阶段的群落类型。

## 2.2 样地选择

根据群落的外貌和组成,选择了刚被撂荒的以一年生草本植物为优势种的群落类型,以多年生草本植物为优势种的群落类型,以灌木或乔木树种的早期阶段构成其外貌主要特征的群落类型,以杨(*Populus*)、柳(*Salix*)、桦(*Betula*)等属喜光乔木树种构成外貌主要特征的群落类型,和以锐齿槲栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)为主的乔木树种构成外貌主要特征的群落类型等群落演替的几个主要阶段,各设置 $3 \times 5$ 个样地进行调查。根据撂荒的时间顺序和群落更新调查推测,太白山海拔1500 m左右的弃耕地植物群落演替的途径符合上述排列顺序,即:一年生草丛多年生草丛、灌木、杨桦混交林、栎、槭混交林,如果没有外界干扰,并将进一步演替成为太白山这一海拔高度地带的典型垂直地带性群落—锐齿槲栎林,因此,本文将锐齿槲栎林视为演替的顶极群落。

## 2.3 样地调查

包括锐齿槲栎林在内,选定了6个植物群落类型作为太白山海拔1500 m左右弃耕地自然演替系列的6个典型演替阶段,共设置了23个样地进行了调查。样地大小按群落类型或调查对象的不同分别为:草地 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ,灌丛 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ ,乔木林 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 。每个灌丛样地内设 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 样方3个,对草本层进行调查;乔木林样地划分为 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 样方4个,分别调查各个样方中乔木和灌木,每一个 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 样方内设2~3个 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 小样方对草本层进行调查。

## 3 结果与讨论

### 3.1 不同演替阶段群落的基本组成

处于不同演替阶段的群落不仅在群落的外貌和结构上存在着很大的差异,而且在群落的种类组成上也是极不相同的。

#### 3.1.1 一年生草丛群落阶段

撂荒伊始,农作物田间杂草和传播能力很强的一年生草本植物迅速侵入并定居,组成以一年生草本植物为优势种群的群落类型,群落总盖度不足50%。常见的种类有:金狗尾草(*Setaria glauca*)、藜(*Chenopodium album*)、香薷(*Elschotzia ciliata*)、黄花草木樨(*Melilotus suaveolens*)、蓼(*Polygonum* spp.)、野燕麦(*Avena nuda*)等。其他种类还有团集苔草(*Carex agglomerata*)、蒙古蒿(*Artemisia mongolica*)等。显然,这些种类中尚有一些应属于森林群落的成分,虽然经过多年的耕种,但由于它们具有很强的根蘖能力,所以仍遗留下来。

#### 3.1.2 多年生草丛群落阶段

由于缺乏外界干扰,多年生草本植物在群落中的地位得到巩固和发展,并随着时间的推移,在空间逐渐占据了优势,群落的盖度大大提高,达70%以上。一年生草本植物种类受到了抑制,藜、加蓬等从群落中消失或几乎消失,金狗尾草、香薷等一年生草本虽然仍占有一席之地,但个体数却大大减少。群落开始出现一些草质层间植物,如野豌豆(*Vicia* spp.)、三籽两型豆(*Amphicarpaea peatrisperma*)等,同时,少数灌木或乔木树木的幼苗也开始出现,如柳(*Salix* spp.)、珍珠梅(*Sorbaria kirilowii*)等。

#### 3.1.3 灌丛阶段

此时群落高度达2~3 m,灌木种类较多,除柳、花木蓝(*Indigofera kirilowii*)、六道木(*Abelia engleriana*)、金花忍冬(*Lonicera chrysantha*)、牛奶子(*Elaeagnus multiflora*)、鼠李(*Rhamnus* spp.)等外,还有桦(*Betula* spp.)、柳、山杨(*Populus davidiana*)、维腺樱(*Prunus conadenia*)、山定子(*Malus baccata*)等乔木树种的幼苗和幼树混生其中。由于高度上与灌木属于同一层次,因此,它们在群落的结构和外貌上所起的作用并不明显。灌木层盖度较大,因而草本层稀疏,种类减少,仅零星分布着一些耐荫的苔草、蛇莓(*Duchesnea indica*)、堇菜(*Viola biflora*)、龙牙草(*Agrimonia pilosa*)等。

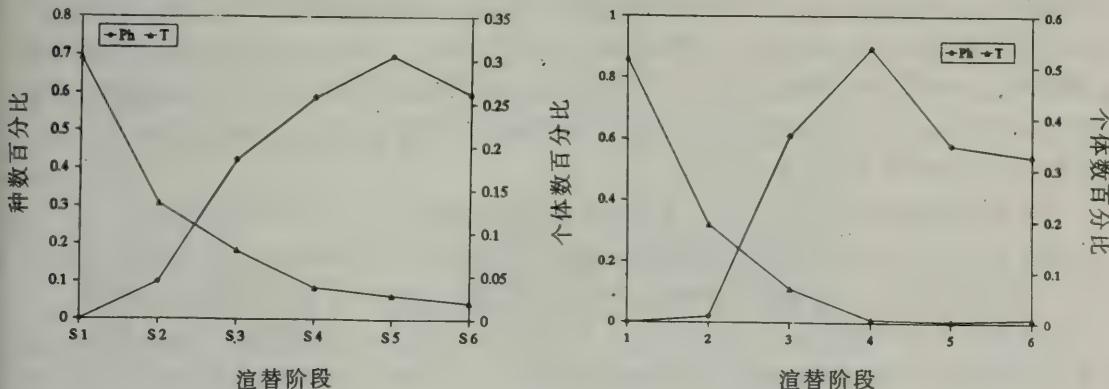


图1 太白山弃耕地植物群落演替过程中的生活型谱动态

### 3.1.4 杨、桦混交林阶段

当群落进一步发展时,在灌丛阶段群落的灌木层中的已占了相当比例的乔木树种的幼苗幼树迅速地超过灌木层,形成乔木层。乔木层的形成对灌木层一些喜光种类起到了抑制作用,乌柳(*Salix cheiloplila*)等柳属灌木、珍珠梅、牛奶子等长势渐衰,直至枯死,灌木层盖度下降到50%或更低,一些耐荫的种类,如金花忍冬、小檗(*Berberis* spp.)、悬钩子(*Rubus* spp.)、六道木、华北绣线菊(*Spiraea firschiana*)、托柄菝葜(*Smilax stans*)、四川忍冬(*Lonicera szechuanica*)等则得到了发展或定居。由于林下散射光和光斑的增加,林下草本层也得到了发展,但种类却与草丛和灌丛阶段大不相同,除苔草等少数种外,其他种类几乎全部为新侵入种,如玉竹(*Polygonatum* spp.)、三裂脉紫菀(*Aster ageratoides*)、藓生马先蒿(*Pedicularis muscicola*)、糙苏(*Phlomis umbrosa*)、宽叶苔草(*Carex siderosticta*)等等,层盖度有所回升,达40%左右。层间植物种类以木质藤本植物为主,有五味子(*Schisandra chinensis*)、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)等。林下更新苗木较多的是槭(*Acer* spp.)、锐齿槲栎、四照花、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)等,桦、杨幼苗显著减少。

### 3.1.5 栎、槭混交林阶段

在群落继续发育的过程中,虽然锐齿槲栎在数量上并不占绝对优势,但由于在生长方面比较快且耐荫性较好而很快侵入林冠层,形成锐齿槲栎与山杨、白桦等混交林,三桠乌药(*Lindera obtusiloba*)也是一速生树种,但在高度上它始终处于栎、杨、桦等树种所组成乔木层的下一个亚层,并且大多数个体仍处于与灌木层高度相差无几,同属于灌木层。从外貌上来看,这一阶段的群落林相由于杨、桦树的逐渐衰老或枯死,锐齿槲栎、槭和漆而大都比较单薄等而显得参差不齐。灌木层由于耐荫种类得到了发展而盖度有了较大的提高。林下草本层呈零星斑块状分布,种类主要有狭叶苔草(*Carex lanceolata*)、黎芦(*Veratum nigrum*)、宽叶苔草、铃兰

(*Convallaria majalis*)、苔葱(*Allium victorialis*)、变叶风毛菊(*Saussurea mutabilis*)等。层间植物比较发达,种类也较多,除五味子、南蛇藤外,最常见的是山葡萄(*Vitis amurensis*)和藤山柳(*Clematoclethera lasioclada*)等。林下更新苗木主要以槭、锐齿槲栎为主,种类和上一阶段相似,但杨、桦等喜光树种苗木数量却大大减少。

### 3.1.6 锐齿槲栎林阶段

由于白桦、山杨的衰亡,锐齿槲栎最终取而代之,成为群落占绝对优势的树种。伴生树种多位于乔木层的下面一个亚层之中,仅有少数五角枫、漆树以及一定数量的三桠乌药等构成乔木层的下面的一个亚层。乔木层盖度(90%左右)的增加,对灌木层树种产生了很大的影响,只有耐荫性能较好的忍冬、悬钩子、茶藨子(*Ribes spp.*)、菝葜(*Smilax spp.*)、小檗等成片状分布,层盖度20%~40%。草本层变化不大,但出现了较耐荫的半寄生一年生草本植物山萝花(*Melampyrum roseum*)。其他一年生生活型植物消失,层间植物仍以藤山柳、山葡萄等为主。

### 3.2 演替过程中群落生活型谱动态特征

由于植物群落外貌在很大程度上是由优势种类的生活型所决定的,群落的结构和功能也与植物生活型的多样化程度有很大的关系。所以,在演替过程中,群落的外貌、结构和功能的变化,实质上是群落生活型谱变化的结果。因此,分析演替过程中群落生活型谱的动态特征对于揭示演替的实质和规律具有一定的理论意义。群落不同的演替阶段反映了植物改造环境的过程,并将改造的现状通过群落的外貌和结构反映出来。采用作者修订的生活型系统(高贤明和陈灵芝),对太白山弃耕地演替系列各阶段群落植物生活型谱进行了分析,结果表明:植物生活型中的一年生草本植物在生态对策上属于机会主义者—r对策者,它对环境条件的变化尤其是光照条件十分敏感。因此一年生草本植物在群落生活型谱中所占比重的变化,应与群落的演替变化相关联,特别是一年生草本植物相对密度的变化,更能反映这一点(表1)。由图1可以看出,演替过程中群落主要的植物生活型的变化趋势十分明显:一年生植物生活型无论是物种相对多度还是个体数相对多度,在生活型谱中所占的比重均呈倒“J”型下降趋势,而高位芽植物(Ph)则呈“S”型上升趋势,其第一个拐点位于灌木群落阶段,第二个拐点则位于群落演替顶极的前一个阶段—栎、槭混交林阶段,符合群落演替过程中物种组成的生活型变化特征(Odum,1969)。

### 3.3 演替趋势分析

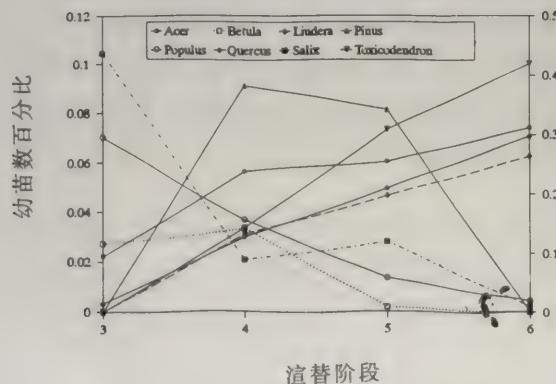


图2 太白山弃耕地演替系列主要树种更新变化趋势

森林群落的林下更新状况能够较好地反映群落的动态趋势。表2是太白山弃耕地演替系列的林下主要树种更新调查的结果,它显示了在演替初期的灌丛阶段时,首先侵入的乔木树种是喜光速生而寿命较短的山杨和柳(*Salix caprea*, *S. permollis*),以及少量的桦(*Betula costata*, *B. platyphylla*)等。随着演替的进展,槭(*Acer mono*, *A. maximowiczii*, *A. grosseri*, *A. giraldii*等)、锐齿槲栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)、三桠乌药(*Lindera obtusiloba*)、漆(*Toxicodendron vernicifluum*)、华山松(*Pinus armandii*)等耐荫或较耐荫的树种相继出现在更新层中。由表2和图2可以看出,演替总的趋势是以锐齿槲栎为优势种的栎林,色木槭、三桠乌药和漆树虽然能与锐齿槲栎长期共存,尤其是色木槭,其更新苗始终多于锐齿槲栎,但由于它们生长速度较慢,在高度上又处于乔木层较低的一个亚层。因此,如果没有外来干扰的话,在演替过程中这些树种对锐齿槲栎在群落中的主导地位构不成威胁。喜光的树种山杨和柳很快从群落中退出,只有黄花柳作为伴生种能较长期地保留在群落中,华山松最终也将从群落中消失。

表1 太白山弃耕地演替过程中群落的生活型谱

生活型*	生活型演替系列 successional series**													
	阶段1		阶段2		阶段3		阶段4		阶段5		阶段6			
	SPRA	SPNRA	SPRA	SPNRA	SPRA	SPNRA	SPRA	SPNRA	SPRA	SPNRA	SPRA	SPNRA	SPRA	SPNRA
G	.0515	.1753	.1245	.1260	.1290	.0789	.1014	.0447	.0648	.2642	.0577	.0514		
H	.5152	.3014	.6129	.6563	.6452	.1913	.2464	.0412	.1481	.1500	.1923	.0644		
Ph	0	0	.0978	.0136	.4200	.6093	.5970	.8936	.6944	.5791	.5962	.5417		
T	.3030	.5170	.1335	.1923	.0800	.1165	.0632	.0043	.0278	.0021	.0192	.0056		
O	.0303	.0063	.0323	.0118	.0323	.0023	.0579	.0162	.0649	.0036	.1346	.3369		

注 \* G:地下芽; H:地面芽; Ph:高位芽 T:一年生; O:其它生活型; \*\* SPRA:同一生活型物种相对多度; SPNRA:同一生活型的个体数相对多度

表2 太白山弃耕地演替系列林下主要树种更新状况

树 种	演替系列				
	阶段3	阶段4	阶段5	阶段6	
槭 <i>Acer spp.</i>	13	49	62	65	
桦 <i>Betula spp.</i>	36	29	2	0	
三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	0	27	48	55	
华山松 <i>Pinus armandii</i>	0	19	20	0	
山杨 <i>Populus davidiana</i>	41	32	14	1	
锐齿槲栎 <i>Quercus aliena</i>					
	var. <i>acuteserrata</i>	2	26	51	62
柳 <i>Salix spp.</i>	61	18	29	2	
漆树 <i>Toxicodendron</i>					
	<i>vernicifluum</i>	0	7	18	21

## 4 结语

- 位于太白山海拔1500 m左右的弃耕地所发生的次生演替的几个基本阶段是:一年生草

丛、多年生草丛、灌丛、杨、桦混交林、栎、槭混交林，根据群落更新层和这一垂直地带的典型地带性群落来判断，演替的顶极或相对稳定的群落类型将是锐齿槲栎群落；

2. 演替过程中，由于群落层次的增加，群落的组成物种呈上升趋势，总盖度的增加表明群落对环境资源的利用率逐步提高，群落的生产力在上升；

3. 植物生活型谱是群落外貌、结构和功能的直观的反映，一年生植物在生态对策上属r对策者，演替的早期，一年生植物的种数，尤其是个体数占有绝对优势，随着演替的进展，一年生植物在群落中所占的比重呈倒“J”型下降；

4. 高位芽植物对森林群落的外貌和结构起关键的作用。在次生裸地演替过程中，高位芽植物从无到有，呈“S”型上升趋势，其拐点一个在灌木群落阶段，另一个在栎、槭混交林阶段。第二拐点之后，高位芽植物在群落中所占的比例趋于平稳，表明群落演替处于相对稳定阶段。

### 参 考 文 献

- 郝占庆,陶大立,赵士洞.1994.长白山北坡阔叶红松林及其次生白桦林高等植物物种多样性比较.应用生态学报.5 (1):16 - 23
- 刘玉成,缪世利,杜道林.1993.四川缙云山常绿阔叶林次生演替及其物种多样性的研究.武汉植物学研究.11 (4): 327 - 336
- 熊利民,钟章成.1991.四川缙云山森林群落的同期发生演替及其模型预测.生态学报.11(4):49 - 53
- Clements, F. E. 1916. *Plant Succession: Analysis of the Development of Vegetation*. Washington: Carnegie Inst
- Daubenmeir, R. 1968. 陈庆诚译.1982.植物群落—植物群落生态学教程.北京:人民教育出版社,113 - 131
- Mueller-Dombois, D. Ellenberg, H. 1974. 鲍显诚,张绅,杨邦贵等译.植被生态学的目的和方法.北京:科学出版社,247 - 271
- Knapp, R. 1974. 宋永昌等译.1986.植被动态.北京:科学出版社
- Horn, H. S. 1975. Forest succession. *Scientific American*. 232 (5): 90 - 98
- Mccook, L. J. 1994. Understanding ecological community succession: Causal models and theories, a review. *Vegetatio*. 110: 115 - 147
- Odum, E. P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*. 164: 262 - 270
- Turner, T. 1983. Facilitation as a successional mechanism in a rocky intertidal community. *Am. Nat.*.. 121: 720 - 728
- Tilman, D. 1985. The resource ratio hypothesis of plant succession. *Am. Nat.*.. 125: 827 - 852
- van der Valk. 1981. Succession in wetlands: a Gleasonian approach. *Ecology*. 62: 688 - 696

## ECOLOGICAL STUDIES ON THE PLANT COMMUNITY SUCCESSION ON THE ABANDONED FARM LAND IN TAIBAISHAN, QINLING MOUNTAINS

### I. THE BASIC FEATURES AND LIFE-FORM SPECTRA OF THE SUCCESSIONAL SERIES

Gao Xianming, Chen Lingzhi, Huang Jianhui, Wan Shiqiang, Wang Wei  
(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

The component species and structures of the successional stages of plant communities which occur on the abandoned cropland in Taibaishan, the peak of Qinling Mountains, were studied. Based on an analysis of the life-form spectra of the communities at different successional stages, it was found that during the course of the succession occurring on the secondary bare area, the life-

form spectra of the component species of the communities at different successional stages showed an apparent trend of changes: As the succession progress, the component species of the communities at the successional stages, which were dominated by the annual herb species (therophytes) at the first stage, was rapidly replaced and dominated by the phanerophytes. There are mainly six stages of the successional series: annual herbosa, perennial herbosa, scrub, *Populus-Betula* mixed forest, *Quercus aliena* var. *acuteserrata*-*Acer* spp. mixed forest and *Q. aliena* var. *acuteserrata* forest.

**Key words:** Taibaishan, Abandoned cropland, Succession, Successional stages, Life-form spectrum analysis

# 乌江流域喀斯特生态系统生物多样性 与流域梯级开发的相关变化效应研究

李久林 苏维词

(贵州山地资源研究所, 贵阳 550001)

**摘要** 乌江流域岩溶地貌广布, 生态环境脆弱, 同时又是我国未来 16 片重点开发的贫困地区之一, 流域梯级开发将对区域振兴起到巨大作用, 但对生物多样化也将产生严重影响。为此, 本文从“流域喀斯特和自然景观多样性; 流域喀斯特生态系统的发展演化规律; 流域主要物种分布格局及珍稀物种编目; 流域梯级开发对关键物种的影响及遗传基因流域流失分析; 流域生物多样性的形成机制特征”等几个问题进行分析探讨, 以为有关部门提供规划建设参考。

**关键词:** 乌江流域 生物多样性 梯级开发

乌江是长江上游南岸最大的一条支流, 全长 1037 km, 流域面积 86553.9 km<sup>2</sup>, 为贵州省最大水系、流域位于我国南方典型喀斯特区, 河谷深切, 山峦起伏, 水能资源及生物资源丰富。从 70 年代初开始国家在流域内规划建设 11 梯级电站(至今已建成投 3 个), 总装机容量 879.5 kW, 年发电量 436.7 亿 kW·h, 11 个梯级电站建成后将对流域的经济起到巨大的振兴作用, 但也会对生物多样性产生严重的影响, 如许多典型的自然景观被淹没, 很多珍稀物种的栖息地将受到掠夺, 为此, 本文从以下几个方面进行初步研究探索。提出有关数据和理论依据, 为有关决策部门和开发建设单位提供参考。

## 1 流域喀斯特自然景观的多样性特征

### 1.1 源头高山草甸自然景观

高山草甸自然景观主要分布源海拔 2200~2300 mm 高原面上, 地势较平缓, 气候温凉, 年均温 8.5~11.8 ℃, 雾气大, 水分较充沛, 土壤主要为山地黄棕壤, 禾本科牧草占 60%, 产草平均 285 g/m<sup>2</sup>, 主要为羊茅(*Festuca ovina*)、早熟禾(*Poa annua*)、鹅观草(*Roegneria kamoji*)等, 兼有零星灌丛, 一派南方草场的自然景象。

### 1.2 深切河谷喀斯特自然景观

整个流域喀斯特地貌发育, 深切峡谷很长, 其自然景观具有深、陡、险、美的特点, 在裸露或半裸露岩石上生长有化香(*Platycarya longipes*)、月月青(*Itea ilicifolia*)、石楠(*Photinia serrulata*)等树种, 自然植被保存较好, 是猴和鹰等动物的栖息地。

### 1.3 河岸盆地农田自然景观

在深河谷的某些地段常有小面积的冲积平地, 土壤肥沃, 气候温润, 是山区的主要农耕区。

### 1.4 缓坡农耕地自然景观

在中下游地区, 有大片的缓坡农耕地, 层层梯田沿山环绕, 缓坡旱地随山起伏, 其间各种经济林及果木林镶嵌种植, 这是典型的西南山区少数民族长期耕作的生息地。

### 1.5 原始喀斯特森林自然景观

在流域的崇山峻岭中,常保存有少量残存的原始喀斯特森林,其树种比较丰富,有樟科、胡桃科、壳斗科。榆科、卫矛科、芸香科、棕榈科、五加科及无患子科等树种,有的还是珍稀物种,是天然的植物基因库,也是目前一些大型野生哺乳动物及鸟类的栖息地。

### 1.6 次生针叶林、灌木自然景观

流域内有大面积的次生针叶林及灌木林,针叶林主要为马尾松林和少量杉木,是主要用材林基地。灌木林有两种类型,即岩溶地区的藤刺灌丛及砂页岩地区的白栎茅栗灌丛。

## 2 流域喀斯特地区主要物种的种群格局与关键物种的保护措施

### 2.1 流域地区主要物种的种群基本格局情况

#### 2.1.1 集群分布格局物种

这类物种是流域内的主要优势种,如广布的马尾松林、高山草场的羊茅、早熟禾等为集群分布外,还有在岩溶地域的化香、月月青、黄栌以及砂页岩地区的茅栗(*Castanea seguinii*)、白栎(*Quercus fabri*)等也是集群分布,他们常成片成林,也为集群分布的典型。

#### 2.1.2 随机分布格局物种

这种分布格局有两种情况,一是少量珍稀物种,数量不多,只有零星生长,如半枫荷,岩生红豆树等自然成随机分布格局状况,另一种是人为活动频繁,植物难成片成林生长,只有零星残存分布。

### 2.2 流域主要关键物种及珍稀物种的分布情况

初步统计,流域内的珍稀物种有28种以上,蕨类植物4种,上游1种(水鳖蕨 *Sinoprelepis delavayi*),中游2种(松叶蕨 *Psilotum nudum*,不对称柳叶蕨 *Cyrtogenellum inaequale*),下游1种(低头贯众 *Cyrtomium nephrolepioides*);裸子植物5种,上游2种(福建柏 *Fokienia hodginsii*,短叶黄杉 *Pseudotsuga brevifolia*),中游有3种(梵净山冷杉 *Abies fanjingshanensis*,大明松 *Pinus taiwanensis* var. *damingshanensis*,铁杉 *Tsuga chinensis*);被子植物17种,其中一级珍稀植物有珙桐(*Davida involucrata*),连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)等分布在中游一带,二级珍稀植物有鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)、杜仲(*Eucommia ulmoides*)、钟萼木(*Bretschneidera sinensis*)等6种,分布在中下游;3级珍稀植物有银钟花(*Halesia macgregorii*)、厚朴(*Magnolia officinalis*)、半枫荷(*Semiliquidambar cathayensis*)、桢楠(*Phoebe zhennan*)等11种,主要生长在中下游一带。

### 2.3 流域梯级开发对关键物种影响及遗传基因流失情况分析

乌江流域的梯级开发,是国家一个重大工程,对西部贫困地区的经济振兴将起到巨大的作用,但由于多个水库的建设,自然要淹没一些物种的原生地,要保护他们,对于个别特有物种将进行异地迁移,有些物种虽经异地迁移后保住了种群,但却发生了某些变异,这种变异可认为是因为环境因子的变化导致物种内部基因的突变(或渐变)而引起的,有时因一些优良的性状流失,和物种的经济价值降低,如生长在河谷岸边的柑橘,移栽到山上其甜度降低;一些植物,移栽到山上抗性减弱,产量降低,诸如此类异地迁移,就会引起遗传基因的流失,为此笔者认为在建设库站时,对一些稀有的物种的异地迁移保护要遵循两个原则,一是宜近不宜远,最好能就近引种迁移;二是引种的环境因子要相似或相近,这样才能减少遗传因子的流失,从质上保护种群的种质资源。

### 2.4 流域珍稀物种的初步编目提纲

流域内物种很丰富,要在梯级开发前初步掌握他们的数量及分布状况,才能进行有效的保护,现将笔者初步调查的主要编目提纲列于下文,以供参考。

1. 银杉	<i>Cathaya argyrophylla</i> Chun et Kuang (中游)
2. 珙桐	<i>Davidia involucrata</i> Baill (中游)
3. 连香树	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> Sieb. et Zucc. (中游)
4. 梵净山冷杉	<i>Abies fanjingshanensis</i> Huang, Thu et Fang (中游)
5. 杜仲	<i>Eucommia ulmoides</i> Oliv. (全流域)
6. 福建柏	<i>Fokienia hodginsii</i> Dunn Henry et Thomas (上游)
7. 鹅掌揪	<i>Liriodendron chinense</i> (Hemsl.) Sarg. (中游)
8. 青檀	<i>Pteroceltis tatarinowii</i> Maxim. (中上游)
9. 领春木	<i>Euptelea pleiosperma</i> Hook. f. et. Thoms. (中游)
10. 青钱柳	<i>Cyclicarya paliurus</i> (Batal.) Iljin Skaja (中游)
11. 水青树	<i>Tetracentron sinense</i> Oliv. (中游)
12. 松叶蕨	<i>Psilotum nudum</i> (L.) Griseb. (上游)
13. 沉水海菜花	<i>Ottelia demersa</i> H. Li et C. X. You. (上游)
14. 岩生红豆树	<i>Ormosia sacatilis</i> K. M. Lan (中游)
15. 厚朴	<i>Magnolia officinalis</i> Rehd. et Wils. (中游)
16. 黄杉	<i>Pseudotsuga sinensis</i> Dode (中游)
17. 半枫荷	<i>Semiliquidambar cathayensis</i> Chang (中游)
18. 大明松	<i>Pinus taiwanensis</i> Hayata var. <i>damingshanensis</i> Cheng et L. K. Fu (中游)
19. 长苞铁杉	<i>Tsuga longibracteata</i> Cheng (中游)
20. 天麻	<i>Gastrodia elata</i> Bl. (全流域)
21. 高山柏	<i>Sabina squamata</i> (Buch.-Hamilt) Ant. (上游)
22. 铁杉	<i>Tsuga chinensis</i> (Franch.) Pritz (中游)
23. 百合花杜鹃	<i>Rhododendron liliiflorum</i> Levl. (中游)
24. 露珠杜鹃	<i>Rhododendron irroratum</i> Franch. (上游)
25. 低头贯众	<i>Cyrtomium nephrolepoides</i> (Christ) Cop. (中游)
26. 毛红椿	<i>Toona ciliata</i> Roen var. <i>pubescens</i> (Franch.) Hand.-Mazz.
27. 草叶槭	<i>Acer coriaceifolium</i> Leevel. (中下游)
28. 钟萼木	<i>Bretschneidera sinensis</i> Hemsl. (下游)

### 3 流域生物多样性的形成机理及类型特征

#### 3.1 不同海拔的分异影响

乌江流域从西到东海拔差异大,源头赫章县可乐大山海拔 2241 m,汇流处涪陵 860 m,在海拔高度差异的影响下,植被类型各有不同。因而植物种类各有不同,这就形成不同特征的群落及景观。

#### 3.2 不同立地条件差异的影响

由于流域内地质条件复杂,形成不同立地条件,常有“十步不同地、百步不同天”之说,流域内主要为喀斯特地区,也有不少镶嵌砂页岩发育的酸性黄壤地带,常见在一个坡的范围内就有钙质土植被及酸性土植被两种截然不同的类型,其物种群落甚至景观都不同。

#### 3.3 小气候的影响

由于流域内主要为中山、高山山地,不同的地形,产生不同的小气候,就形成不同生物群落及自然景观,如流域位于中亚热带,但在一些低凹河谷地段,常长有南亚热带的物种,如荔枝和香蕉等,虽面积不大,在流域内却独树一帜。

### 3.4 人工栽培及引种的影响

由于人们因生活及经济的需要,常引种一些外地良种,这也会形成特殊的生物群落及类型。如茶园及各种果园等。

## 4 流域喀斯特生态系统的演化机理分析

### 4.1 自然演化机理

#### 4.1.1 水分因子的导向演化

由于水分条件的不同或变化会引起植物种类生长的变化,从而导致群落景观的变化。

#### 4.1.2 温度因子的影响(见3.3)

#### 4.1.3 土壤条件变异的影响

在山区,由于水土流失,原来一些生长需要土层厚的物种被淘汰,而一些耐瘠、耐旱物种迁入从而导致物种、种群的变化,进而引起自然景观的变化。

### 4.2 人工改造导向演进机理

#### 4.2.1 源头草场改良

在源头的威宁可乐地区进行人工草场改良工程,引种营养物质丰富适口性好的豆科、禾本科牧草,形成优良草场。

#### 4.2.2 上游水源涵养林的栽培和农耕地改造建设

为了控制水土流失,上游在25°以上坡耕地逐步弃耕还林和荒山造林形成了一定面积的水源涵养林,由原来的荒山秃岭逐步形成高原森林和经济景观。

#### 4.2.3 中游经济林的栽培

为调整产业结构,改善生态环境,将一些坡耕地改造成经济林,形成了特殊的经济林木群落和自然景观。有的改造成高产稳产的梯田。

#### 4.2.4 优良农田植被区的建设

在河谷两岸及山谷中的小盆地槽地是流域的农耕区,这里因土壤肥沃,气候温和,水源充足,是稳产高产的农耕区,由于引入科学技术进行栽种,农耕地正向着稳产高产的方向发展,逐步向着田园化、规模化和集约化演进。

## 参 考 文 献

黄威廉等编.1989.贵州珍稀濒危植物.北京:中国环境科学出版社

苏大学(主编).1987.贵州草地.贵阳:贵州人民出版社

钟祥浩等编著.1992.长江上游环境特征与防护林体系建设(乌江流域).成都:四川科学技术出版社

李久林.1996.乌江流域环境经济发展初探.长江流域资源与环境.5(1): 11-15

钱迎倩,马克平(主编).1994.生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科学技术出版社

李文华,陈永孝等(编著).1988.流域开发与管理.贵阳:贵州人民出版社

## EFFECTS OF THE STEP - BY - STEP EXPLOITATION OF THE WUJIANG KARST VALLEY ON THE ECOSYSTEM BIODIVERSITY

*Li Jiulin , Shu Weichi*

(Guizhou Institute of Mountain Resources , Guiyang 550001)

Karst is widely distributed in the Wujiang Valley where the ecological environments are fragile. This area is also one of China's 16 key regions awaiting exploitation. The step - by - step exploitation of this area will undoubtedly promote its economic development but will also have serious effects on its biodiversity . In this paper, several problems, including the karst landscape diversity in the Wujiang Valley, the evolution of its karst ecosystem, the distribution pattern of the major species, the inventory of the rare and the endangered species, the effects of the economic exploitation on the key species in this area, the possible loss of germplasm resources, and the characteristics of the biodiversity , are discussed.

**key words:** Wujiang Valley, Biodiversity, Exploitation

# 洪河自然保护区草地植物种类组成与生态系统多样性

倪红伟 高玉慧 杨利平

(黑龙江省科学院自然资源研究所,哈尔滨 150040)

**摘要** 洪河自然保护区位于我国东北三江平原的东北部,是三江平原原始沼泽景观的“缩影”,洪河自然保护区天然草地上有维管植物 80 科、256 属、503 种,其中多于 10 种的科有 12 科、302 种,多于 5 种少于 10 种的科有 10 科、69 种,多于 1 种小于 5 种的科有 31 科、105 种,单种属的科有 27 科、27 种,多于 5 种的属有 13 属 92 种。生态系统包括草甸生态系统和沼泽生态系统 2 大类,其中草甸生态系统可分为 2 亚类,6 个类型,沼泽生态系统分为 3 亚类,12 个类型。

**关键词** 种类组成 生态系统多样性 草地植物 洪河自然保护区

洪河自然保护区是国家级自然保护区,位于我国东北三江平原东北部,北纬  $47^{\circ}42'18'' \sim 47^{\circ}52'$ ,东经  $133^{\circ}34'38'' \sim 133^{\circ}46'29''$ ,总面积  $21835.73 \text{ hm}^2$ 。属温带季风气候,冬季漫长严寒,春季多风少雨,夏季雨热同季,降雨集中,年平均气温  $1.9^{\circ}\text{C}$ ,月平均最低气温  $-23.4^{\circ}\text{C}$ ,月平均最高气温  $22.4^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $2165 \sim 2624^{\circ}\text{C}$ ,日照时数  $2356 \text{ h/a}$ ,年平均降水量  $536 \text{ mm}$ , $50\% \sim 70\%$  集中在夏季,年蒸发量  $1166 \text{ mm}$ ,无霜期平均  $131 \text{ d}$ 。保护区内有浓江河及其支流沃绿兰河流过。地下水丰富。保护区内地势西南高,东北低,呈微倾斜,地面坡降  $1/5000 \sim 1/10000$ ,区内蝶形、线性洼地和水泡星罗棋布。土壤类型主要是白浆土和沼泽土。

洪河自然保护区属长白植物区系,地带性植被为温带针阔混交林,但由于气候、地理、水文等因素的综合作用、影响,形成了大面积非地带性沼泽、草甸等低湿植被,优势种以湿生、沼生、湿中生的禾本科、莎草科植物为主,只在局部地区有岛状森林出现。

洪河自然保护区保留了我国面积最大的沼泽区(中国科学院长春地理研究所沼泽室,1983)——三江平原原始沼泽景观,是三江平原的“缩影”,属内陆湿地和水域自然生态系统,具有未被破坏,保持完整的原始沼泽生态系统,是我国目前湿地类型最全,保持最完好的原始湿地,生物多样性十分丰富,具重要的保护意义,被推荐为 A-I 类(国际意义一级)保护区(中国生物多样性保护行动计划总报告编写组,1994)。

## 1 洪河自然保护区草地植物的种类组成

洪河自然保护区的天然草地据不完全统计,现有维管植物 80 科、256 属、503 种。虽然其面积只占全省的  $1/208$ ,但种类组成分别占黑龙江省的 131 科、602 属、1800 种(倪红伟等,1995)的  $61.07\%、42.52\%、27.94\%$ 。表明科、属、种的分布在全省而言相对丰富。这与其所处的地理环境相关。其中多于 10 种的科共有 12 科,包含 126 属、302 种(表 1)。如菊科、毛茛科、禾本科、莎草科、唇形科、蔷薇科等。占保护区草地植物科、属、种的  $15\%、49.22\%、60.04\%$ ,表明该区草地植物种类相对较集中地分布在少数的几个科中。多于 5 种而少于 10 种的

科有 10 科、34 属、69 种, 分别占总数的 12.5%、13.28%、13.72% (表 2)。如藜科、蓼科、石竹科、杜鹃花科等。1~5 种的科有 31 科, 含 69 属 105 种。占总数的 38.75%、26.95%、20.87%。如眼子菜科 (*Potamogetonaceae*)、金丝桃科 (*Hypericaceae*)、堇菜科 (*Violaceae*)、茄科 (*Solanaceae*)、败酱科 (*Valerianaceae*)、车前科 (*Plantaginaceae*)、木贼科 (*Equisetaceae*) 等。在本区仅含 1 属的科有 27 科, 如瑞香科 (*Thymelaeaceae*)、亚麻科 (*Linaceae*)、远志科 (*Polygalaceae*)、蒺藜科 (*Zygophyllaceae*)、花蔺科 (*Butomaceae*)、芝菜科 (*Scheuchzeriaceae*)、天南星科 (*Araceae*)、雨久花科 (*Pontederiaceae*) 等。

在洪河自然保护区草地植物组成中, 多于 5 种的属共有 13 属, 含 92 种 (表 3)。如苔草属、蒿属、蓼属、老鹳草属、野豌豆属等, 占保护区属的 5.08%, 种的 18.29%。说明, 在保护区内, 大属的数量较少, 但所含的植物种却较多。

科属种组成的上述特征是洪河自然保护区的植物地理分布决定的。它受该地区环境条件的影响。反映了洪河自然保护区草地植物区系的基本性质。

表 1 洪河自然保护区草地植物含 10 种及 10 种以上的科统计

科	属	种	科	属	种
菊科 (Compositae)	30	63	百合科 (Liliaceae)	9	22
毛茛科 (Ranunculaceae)	12	41	豆科 (Fabaceae)	7	15
禾本科 (Poaceae)	23	40	伞形科 (Umbelliferae)	13	14
莎草科 (Cyperaceae)	5	25	十字花科 (Cruciferae)	11	13
唇形科 (Labiatae)	16	23	玄参科 (Scrophulariaceae)	5	13
蔷薇科 (Rosaceae)	14	23	牻牛儿苗科 (Geraniaceae)	2	10

表 2 洪河自然保护区草地植物 5~9 种的科统计

科	属	种	科	属	种
藜科 (Chenopodiaceae)	4	9	杜鹃花科 (Ericaceae)	4	6
蓼科 (Polygonaceae)	2	9	柳叶菜科 (Onagraceae)	3	6
桔梗科 (Campanulaceae)	5	9	报春花科 (Primulaceae)	2	5
紫草科 (Boraginaceae)	6	8	鸢尾科 (Iridaceae)	2	5
灯心草科 (Juncaceae)	2	7	石竹科 (Caryophyllaceae)	4	5

表 3 洪河自然保护区草本植物 5 种及 5 种以上的属统计

属	种	属	种
蒿属 ( <i>Artemisia</i> )	12	野豌豆属 ( <i>Vicia</i> )	6
苔草属 ( <i>Carex</i> )	10	婆婆纳属 ( <i>Veronica</i> )	6
老鹳草属 ( <i>Geranium</i> )	9	鬼针草属 ( <i>Bidens</i> )	5
铁线莲属 ( <i>Clematis</i> )	8	灯心草属 ( <i>Juncus</i> )	5
藨草属 ( <i>Scirpus</i> )	8	鹤观草属 ( <i>Roegneria</i> )	5
蓼属 ( <i>Polygonum</i> )	7	百合属 ( <i>Lilium</i> )	5
毛茛属 ( <i>Ranunculus</i> )	6		

## 2 洪河自然保护区草地生态系统类型

洪河自然保护区草地生态系统可分为草甸生态系统和沼泽生态系统两大类。

### 2.1 草甸生态系统

草甸生态系统包括以中生、中湿生植物占优势的典型草甸和以湿中生、湿生植物占优势的沼泽化草甸。

### 2.1.1 典型草甸

洪河自然保护区的典型草甸包括草本典型草甸和灌木典型草甸。草本典型草甸包括小叶章草甸、小叶章-杂类草草甸。前者以小叶章(*Deyeuxia angustifolia*)为建群种,或几为纯群落。后者则以小叶章为优势种,伴生有几种野豌豆(*Vicia* spp.)、地榆(*Sanguisorba* spp.)等。灌木典型草甸包括丛桦-杂类草草甸和水冬瓜+丛桦+沼柳-小叶章草甸。前者以丛桦(*Betula fruticosa*)为优势种,伴生有小叶章、几种地榆、单穗升麻(*Cimicifuga simplex*)等。后者以水冬瓜(*Alnus hirsuta*)、丛桦、沼柳(*Salix brachypoda*)、小叶章共为优势种,伴生有败酱(*Patrinia scabiosaeefolia*)、东方草莓(*Fragaria orientalis*)、柳叶绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、日本旋复花(*Inula britannica* var. *japonica*)等。

### 2.1.2 沼泽化草甸

沼泽化草甸包括小叶章-修氏苔草沼泽化草甸和小叶章-芦苇沼泽化草甸。前者以小叶章、修氏苔草(*Carex schmidii*)为优势种。伴生有毛水苏(*Stachys baicalensis*)、广布野豌豆(*Vicia cracca*)、黄花菜(*Hemerocallis minor*)、黑水缬草(*Valeriana amurensis*)及几种苔草(*Carex* spp.)等。后者以小叶章、芦苇(*Phragmites communis*)为优势种,伴生有毛水苏、小白花地榆(*Sanguisorba parviflora*)、柳叶绣线菊及几种苔草(*Carex* spp.)等。

## 2.2 沼泽生态系统

沼泽生态系统可分为轻沼泽和重沼泽,重沼泽又分为泥炭沼泽和腐泥沼泽。

### 2.2.1 轻沼泽

轻沼泽包括毛果苔草小叶章沼泽、乌拉苔草沼泽、灰脉苔草乌拉苔草沼泽、毛果苔草乌拉苔草沼泽4个类型。毛果苔草小叶章沼泽以毛果苔草(*Carex lasiocarpa*)、小叶章为优势植物,伴生有芦苇、狭叶泽芹(*Sium suave* var. *angustifolium*)、柳叶绣线菊、蚊子草(*Filipendula intermedia*)、驴蹄草(*Caltha palustris*)等。乌拉苔草沼泽以乌拉苔草(*Carex meyeriana*)为优势,伴生有灰脉苔草(*Carex appendiculata*)、驴蹄草、毛果苔草等。灰脉苔草乌拉苔草沼泽以灰脉苔草、乌拉苔草为优势,伴生有小叶章、小白花地榆、驴蹄草、燕子花(*Iris laevigata*)、朝鲜棉花莎草(*Eriophorum coreanum*)、水木贼(*Equisetum heleocharis*)等。毛果苔草乌拉苔草沼泽以毛果苔草、乌拉苔草为优势种,伴生种有沼苔草(*Carex limosa*)、水木贼、睡菜(*Menyanthes trifoliata*)、球尾花(*Naumburgia thyrsiflora*)、燕子花、朝鲜棉花莎草等。

### 2.2.2 泥炭沼泽

泥炭沼泽包括毛果苔草沼泽、毛果苔草漂筏苔草沼泽、漂筏苔草沼泽、甜茅沼泽4个类型。毛果苔草沼泽以毛果苔草为优势植物,伴生种有东北沼委陵菜(*Comarum palustre*)、水木贼、睡菜、燕子花、小狸藻(*Utricularia intermedia*)、狭叶甜茅(*Glyceria spiculosa*)等。毛果苔草漂筏苔草沼泽以毛果苔草和漂筏苔草为优势种。伴生种有水木贼、睡菜、小狸藻、驴蹄草、球尾花、狭叶甜茅等。漂筏苔草沼泽以漂筏苔草为优势植物,伴生植物有东北沼委陵菜、狭叶甜茅、睡菜、毛果苔草、水木贼、球尾花、小狸藻等。甜茅沼泽以狭叶甜茅为优势种,伴生有几种苔草(*Carex* spp.)、小叶章、水木贼、小狸藻、球尾花、忽略野青茅(*Deyeuxia neglecta*)等。

### 2.2.3 腐泥沼泽

腐泥沼泽包括毛果苔草芦苇沼泽、毛果苔草小叶章芦苇沼泽、芦苇小叶章沼泽和芦苇沼泽

4个类型。毛果苔草芦苇沼泽以毛果苔草、芦苇为优势种,伴生种主要有毛水苏、燕子花、睡菜、小狸藻、驴蹄草等。毛果苔草小叶章芦苇沼泽以毛果苔草、小叶章、芦苇共为优势植物,伴生植物主要有水木贼、毛水苏、燕子花、狭叶甜茅、火烧兰(*Epipactis thunbergii*)、短瓣金莲花(*Trollius ledebourii*)等。芦苇小叶章沼泽以芦苇、小叶章为优势,伴生有朝鲜棉花莎草、短瓣金莲花、狭叶甜茅、毛水苏、小狸藻、细叶毒芹(*Cicuta irosa*)等。芦苇沼泽以芦苇为优势种或几成纯群落,常见伴生植物有狭叶甜茅、菰(*Zizania caducifolia*)、小狸藻、小叶章、驴蹄草、香蒲(*Typha orientalis*)、黑三棱(*Sparganium simplex*)等。

#### 参 考 文 献

- 倪红伟,唐树本.1995.黑龙江省植被的区系组成特征.国土与自然资源研究.(3):57-61  
 “中国生物多样性保护行动计划”总报告编写组.1994.中国生物多样性保护行动计划.北京:中国环境科学出版社  
 中国科学院长春地理研究所沼泽研究室著.1983.三江平原沼泽.北京:科学出版社

### A STUDY ON THE ECOSYSTEM DIVERSITY AND THE FLORA OF GRASSLAND PLANTS IN THE HONGHE NATURE RESERVE

Ni Hongwei, Gao Yuhui, Yang Liping

(Institute of Natural Resources, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150040)

The Honghe Nature Reserve is located in the northeast of the Sanjiang Plain of China. It can be regarded as a miniature of the swamp landscape of the Sanjiang Plain. In this reserve, 503 species of vascular plants, representing 80 families and 256 genera, have been recorded. Among the families, 12 include over 10 species, with a total of 302 species. Another 10 families include 5-10 species, with a total of 69 species. 31 families include 2-4 species, with a total of 105 species. The remaining 27 families include only one species each. Among the genera, 13 include 5 or over 5 species, with a total of 92 species. The ecosystem in this area includes grassland and swamp. The grassland ecosystem can be subdivided into 2 types and 6 subtypes, and the swamp ecosystem into 3 types and 12 subtypes.

**Key Words:** Flora, Ecosystem diversity, Grassland, Honghe Nature Reserve

# 东灵山主要群落类型的植物生活型谱和区系谱的主成分分析

贺军钊<sup>1</sup> 叶永忠<sup>1</sup> 马克平<sup>2</sup> 张桂燕<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 河南农业大学,郑州 450002)

(<sup>2</sup> 中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** 本文根据东灵山 21 个群落类型的生活型和区系成分, 编制了不同群落类型的植物生活型谱和植物区系谱, 以此为变量, 采用主成分分析(PCA)方法对各群落类型进行了排序和分类。排序的结果表明: 东灵山地区植物群落符合暖温带植物生活型谱和区系谱的基本特点, 北温带成分最多, 地面芽植物占的比例也最大。最后把 21 个群落分成 5 种类型。

**关键词** 北京东灵山 植物区系谱 R/T 比率 植物生活型谱 PCA 排序与分类

## 1 自然条件概况

东灵山地区位于北京市西部, 属于太行山系, 小五台山脉的余脉。最高峰东灵山, 海拔 2303 m。地理位置为北纬  $39^{\circ}48' \sim 40^{\circ}00'$ , 东经  $115^{\circ}24' \sim 115^{\circ}36'$ , 东灵山地区的气候为暖温带大陆性季风气候。东灵山地区年平均气温 11 ℃, 最热月 7 月, 平均气温 25.1 ℃; 最冷月 1 月, 平均气温 -5.7 ℃; 3~4 月气温急剧上升, 10、11 月突然下降, 全年无霜期约为 195 天。东灵山地区的年降水 638.8 mm, 多集中于植物生长的旺季—夏季, 有利于植物的生长发育; 6、7、8 三个月的降水量约占全年降水量的 74%, 其中, 尤以 7 月份降水量最大, 且多为暴雨。冬季降水量最少, 只占全年的 2%, 秋季降水量占全年的 14%, 春季降水量约占全年的 10%, 所以春旱严重是东灵山地区气候的显著特征之一。东灵山地区的土壤大致有山地棕壤、褐土、草甸土和亚高山草甸等几种类型(霍亚贞等, 1986)。东灵山地区的原生植被已破坏殆尽, 只有次生植被和人工林。该地区的地带性植被是暖温带落叶阔叶林。其主要的落叶阔叶树种以落叶栎类为主。从东灵山下部至上部, 依次分布的有: 次生灌丛、落叶阔叶林、针叶林和亚高山草甸。

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

采用样地法, 每个乔木样地设置 4 个  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$  乔木样方, 4 个  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$  灌木样方, 8 个  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  的草本样方; 灌木样地设置 1 个  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$  灌木样方, 3 个  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  草本样方; 草本样地设置 3 个  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  草本样方。主要记录项目包括乔木的高度、枝下高、胸径、冠幅, 灌木和草本的高度、盖度、株数, 生境因子如海拔、坡向、坡位、土壤类型等。共获得样地 76 个。

### 2.2 资料分析

根据各样地的优势种的组成, 把 76 个样地分成 21 个群落类型, 然后分别统计出各类型的植物区系谱和生活型谱。采用主成分分析(principal component analysis, PCA)对群落进行排序和分类。主成分分析(PCA)由河南农业大学生物统计教研室提供。全部计算在 586 微机上进行。

### 3 结果分析

#### 3.1 东灵山 21 个群落类型的生活型谱的编制

植物种的生活型是一种比较稳定的特征,是不同植物对同一环境条件长期适应的形态特征。因此分析不同植物群落的生活型,从中可以了解植物群落与环境之间的关系,及群落组成种的外貌特征随着生境的变化而发生的变化。

根据 Raunkiaer(1934)提出的生活型系统,按照植物休眠芽或复苏芽与地面的位置关系(高、低、地表、地下等)分成五大类生活型。不同群落类型的植物生活型谱见表 1。

表 1 东灵山 21 种群落的生活型谱(%)

海拔(m)	群落类型	群落代号	生活型谱							
			Ms	Mc	T	N	Ch	L	H	G
788	侧柏林	A	9.09	9.09	2.27	18.18	4.55	4.55	40.91	11.36
893	杂灌丛(一)	B	8.57	14.3	4.29	14.29	1.43	5.71	35.71	15.71
960	荆条灌丛	C	4.69	7.81	9.38	9.38	1.56	4.69	37.5	25
985	大花溲疏灌丛	D	8.33	16.7	0	6.25	4.17	10.4	43.75	10.41
1054	柔毛绣线菊	E	6	10	2	12	2	4	48	16
1056	杂灌丛(二)	F	6.76	4.05	6.76	5.41	2.7	9.46	50	14.86
1061	核桃楸林	G	8.05	5.75	4.6	13.79	0	9.2	40.23	18.39
1070	落叶阔叶混交林	H	15.28	9.72	2.78	12.5	1.39	4.17	29.17	25
1093	三棱绣线菊灌丛	I	12.96	11.1	7.41	9.26	1.85	5.56	33.33	18.51
1130	山杏灌丛	J	7.69	4.62	9.23	7.69	1.54	7.69	44.62	16.92
1140	鹅耳枥林	K	8.33	8.33	5.56	11.11	8.33	0	41.67	16.66
1190	照山白灌丛	L	6.67	10	0	6.67	3.33	3.33	46.67	23.33
1210	山杨林	M	13.11	6.56	3.28	14.75	0	6.56	32.79	22.95
1213	油松林	N	7.89	5.26	6.58	5.26	2.63	10.5	44.74	17.1
1250	山桃灌丛	O	8.51	4.26	12.77	10.64	2.13	6.38	40.43	14.89
1290	华北落叶松林	P	12.05	9.64	6.02	10.84	0	7.23	34.94	19.27
1323	二色胡枝子灌丛	Q	11.11	1.85	5.56	5.56	3.7	7.41	46.3	18.51
1333	棘皮桦林	R	9.26	7.41	1.85	11.11	0	5.56	44.44	20.37
1364	辽东栎林	S	10.45	7.46	2.99	8.96	2.99	7.46	41.79	17.91
1550	白桦林	T	10.98	6.1	4.88	12.2	1.22	3.66	41.46	19.51
1718	亚高山草甸	U	0	3.13	14.06	3.13	3.13	1.56	50	25

注: Ms: 中高位芽植物; Mc: 小高位芽植物; T: 年生植物; N: 矮高位芽植物; Ch: 地上芽植物; L: 藤本植物; H: 地面芽植物; G: 地下芽植物。群落代号下同

#### 3.2 群落的植物区系谱的编制

为了反映不同群落和性质,我们采用植物区系谱(马克平,1995)来进行分析。东灵山 21 个群落种子植物区系谱如表 2 所示。表中的 R/T 比率项中的 R 是表中的 F2 至 F7 之和,T 为 F8 到 F14 之和。

#### 3.3 植物种群类型的 PCA 分析

主成分分析(PCA)是一种多元分析方法。它是在众多的属性中选取少数含信息量大的成

分对实体重新排序,从而找出事物的主要方面,揭示生命活动的规律。

本文选用东灵山 21 个群落类型的植物区系谱、植物生活型谱和 R/T 比率作为变量,这样就得到一个  $21 \times 22$  的矩阵,然后运用主成分分析程序在 586 微机上运算出结果。由于前两个主分量包含了 93% 的信息量,所以,我们列出各变量对前 2 个分量的载荷值(表 3)。

表 2 东灵山 21 个群落种子植物区系谱

类型 Types	R/T													
	F2	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	
A	0.083	0.028	0.056	0.028	0	0.389	0.028	0.111	0.056	0	0	0.167	0.056	0.259
B	0.117	0	0.033	0.017	0.017	0.45	0.083	0.117	0.05	0	0	0.083	0.033	0.234
C	0.055	0.036	0	0	0.018	0.4	0.018	0.2	0.073	0	0	0.164	0.036	0.127
D	0.026	0	0.026	0	0	0.641	0.051	0.154	0.026	0	0.016	0.077	0	0.054
E	0.049	0.024	0	0	0	0.561	0.049	0.171	0.049	0	0	0.073	0.024	0.081
F	0.115	0.049	0	0.016	0.033	0.459	0.016	0.148	0.016	0.016	0.016	0.066	0	0.270
G	0.027	0.027	0.014	0	0.014	0.562	0.082	0.151	0.027	0	0	0.082	0	0.089
H	0.032	0.032	0.016	0	0.016	0.714	0.032	0.095	0.016	0	0	0.048	0	0.105
I	0.089	0.044	0.022	0	0	0.533	0.022	0.133	0.044	0.022	0.014	0.067	0.022	0.189
J	0.073	0.036	0.018	0.036	0.036	0.455	0.055	0.2	0.018	0	0	0.073	0	0.25
K	0.1	0	0	0	0	0.467	0.033	0.233	0.067	0	0	0.1	0	0.111
L	0.037	0	0	0	0	0.704	0.037	0.148	0	0	0	0.074	0	0.038
M	0.018	0.036	0	0	0	0.655	0.073	0.109	0.018	0	0	0.073	0.018	0.058
N	0.127	0.016	0.016	0.016	0.032	0.46	0.032	0.127	0.032	0.016	0	0.111	0	0.26
O	0.098	0.049	0.024	0	0.024	0.39	0.049	0.244	0.049	0	0	0.073	0	0.242
P	0.056	0.028	0	0	0.028	0.648	0.07	0.127	0.014	0	0	0.028	0	0.126
Q	0.067	0.044	0	0	0.022	0.511	0.022	0.222	0.044	0.022	0	0.044	0	0.153
R	0.023	0.047	0	0	0.023	0.651	0.07	0.14	0	00	0.047	0	0.102	
S	0.036	0.054	0.018	0	0.036	0.625	0.036	0.143	0	0	0	0.054	0	0.166
T	0.029	0.014	0	0	0.014	0.725	0.072	0.101	0	0	0	0.043	0	0.061
U	0	0.02	0	0	0	0.633	0.02	0.265	0	0	0	0.061	0	0.020

表中 F2,F4……F15 分别对应于吴征镒先生(1991)所划分的 15 个区系类型,F3 在各群落中未出现

从表 3 中可以看出对第一主分量贡献最大的是 F8(15.8129),其次是 H(地面芽)(10.5862),所以第一轴主要反映的是 F8 和 H 的变化,沿第一轴的正方向,F8 呈上升趋势,H 亦呈上升趋势。对第二主分量贡献最大的是 H(2.5497),其次是 F8(-2.3561),R/T 比率(2.1732)。沿第二轴的正方向,H 呈现上升的趋势,而 F8 则呈下降趋势。

在图 1 中,可以将东灵山 21 个植物群落类型大致划分出 5 组。这 5 组直观地反映了各组内部及其与相邻组的关系,图中 F8 和 H(地面芽)相接近的类型被划分在一起。第 1 组位于排序图的最左边,由落叶阔叶林组成,包括落叶阔叶混交林、山杨林和白桦林。各群落的 F8 值较大,而 H 值较小,如群落 T 的 F8 最高为 0.725,其次为群落 H 为 0.714,M 为 0.655,而它们的 H 值依次为 0.4146,0.2917,0.3279。该组各群落生活在暖湿环境中,生活条件优越,中高位芽植物占的比例较大;第 2 组由生活在中低山条件下的落叶林 R(黑桦林)、G(核桃楸林)、S(辽东栎林)和干旱条件下的灌丛 E(柔毛绣线菊)、I(三桠绣线菊)、D(大花溲疏)、L(照山白灌丛)及中生性条件下的 P(华北落叶松林人工林)组成。此组的 F8 在 0.533~0.704 之间,而 H 值较第 1 组大(0.3333~0.48);第 1 组把群落亚高山草甸单独作为一类,在众多群落中,只有它的地面芽植物的比例达到 50% 而 F8 值又较大(0.633)。由于生活在高海拔的干冷条件下,该群落缺乏中高位芽植物,相反,一年生植物占的比例却较多;第 4 组主要由生活在干旱环境中的灌丛组成,包括 Q(二色胡枝子)、B(杂灌)和 C(荆条灌丛),另外还有矮灌状的群落 K(鹅耳枥林)。群落的 F8 值(0.4~0.467)较前三组都小,H 值在 0.3571~0.463 之间;第 5 组位于最右边,分布在较低海拔、干暖的生境中。由人工林(侧柏林、油松林)和灌丛(山杏、杂灌)组成。在该组中,侧柏林(A)、山桃灌丛(O)的 F8 达到最小,分别为 0.389、0.390,H 值普遍较大

(0.4043~0.49)。此分类结果很好地反映了东灵山地区各群落类型的植物区系和生活型,与江洪(1994a,1994b)对该地区群落的分类结果比较相似。

表 3 各变量对前两个主分量的载荷值

变量	第一主分量	第二主分量
<i>F</i> 2	-1.2819	0.6809
<i>F</i> 4	-2.4986	-0.1465
<i>F</i> 5	-3.0445	-0.1312
<i>F</i> 6	-3.2599	-0.0726
<i>F</i> 7	-2.962	-0.1238
<i>F</i> 8	15.8196	-2.3561
<i>F</i> 9	-1.8893	-0.4995
<i>F</i> 10	2.1626	0.7626
<i>F</i> 11	-2.1059	-0.1175
<i>F</i> 12	-3.32	-0.3641
<i>F</i> 13	-3.3397	0.477
<i>F</i> 14	-0.6002	0.348
<i>F</i> 15	-3.0312	-0.4253
<i>M</i> <sub>s</sub>	-0.3064	-0.5881
<i>M</i> <sub>c</sub>	-0.6287	-0.6201
<i>T</i>	-1.4941	0.1852
<i>N</i>	0.0586	-0.246
<i>Ch</i>	-2.1917	0.261
<i>L</i>	-1.3028	-0.2018
<i>H</i>	10.5682	2.5497
<i>G</i>	2.6226	-0.1098
<i>R/T</i>	1.5748	2.1732
特征根	401.4794	70.0472
信息百分比	79.21	13.82

从 PCA 分析结果来看,随着 *F*8 由大变小, *R/T* 比率却由小变大,这表明随着群落中北温带成分的减少,热带属与温带属之比相应的增大,反映了 *F*8 与 *R/T* 强烈的相关性。

从主成分分析的结果来看,该统计方法抓住了反映温带地区的群落主要矛盾的 *F*8 和 *H* (地面芽植物),体现出了该地区植物群落的植物区系和生活型的主要特征,即北温带成分和地面芽植物在该地区的群落中占有主导地位。但在不同的群落类型中,二者所占的比例又有所不同,主成分分析的排序结果反映了这一点。

#### 4 小 结

通过对北京东灵山地区 21 个群落类型的统计分析,可以清楚地看出东灵山地区的植物群落具有如下特点:

1. 群落植物区系组成的温带性质最为显著,各群落中温带属远多于热带属,平均 *R/T* 比

率为 0.14,且  $R/T$  比率随海拔升高而呈下降趋势。

2. 东灵山地区植物群落生活型谱的特征反映了暖温带植物生活型谱的基本特点,即地面芽植物占的比例最大。不同群落的生活型特征因所在的生境不同而呈现差异。

3. 根据植物区系谱和生活型谱对植物群落进行 PCA 排序结果表明含有最大的信息量,据此可以将东灵山 21 个群落类型划分为 5 组,这 5 组较好地反映了群落随 F8 和 H 的变化规律。

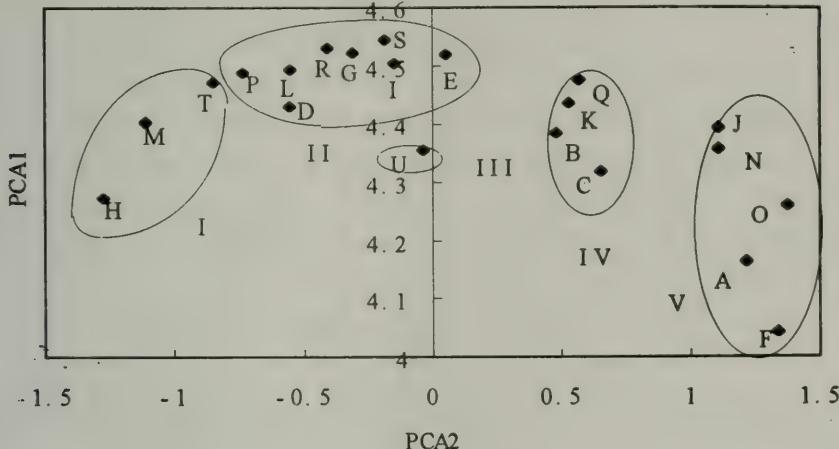


图 1 东灵山植物区系谱和植物生活型谱的二维排序图

### 参 考 文 献

- 霍亚贞等. 1989. 北京自然地理. 北京: 北京师范学院出版社.  
 马克平, 高贤明等. 1995. 东灵山地区植物区系的基本特征与若干植物区系的关系. 植物研究. 15(4): 501-515  
 江洪. 1994a. 东灵山植物群落生活型谱的比较研究. 植物学报. 36(11): 884-894  
 江洪等. 1994b. 东灵山植物群落的排序、数量分类与环境解释. 36(7): 539-551  
 吴征镒. 1991. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究. 13(增刊): 1-139  
 Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography: collected papers of C. Raunkiaer. Translated into English by H. G. Carter, A. G. Tansley and F. Clarendon. Oxford, 632

## QUANTITATIVE ANALYSIS OF 21 PLANT COMMUNITIES IN THE DONGLING MOUNTAIN, BEIJING

He Junzhao<sup>1</sup>, Ye Yongzhong<sup>1</sup>, Ma Keping<sup>2</sup>, Zhang Guiyan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002)

(<sup>2</sup>Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Based on an analysis of the life forms and the floristic elements of 21 plant communities in the Dongling Mountain, Beijing, their life form spectrums and floristic element spectrums were established. Using the spectrums and  $R/T$  ratio, the 21 plant communities were ordinated and classified by principal component analysis. The results show that these plant communities are of the basic characteristics of warm temperate plant community in terms of life form spectrum and floristic element spectrum, with the warm temperate elements and hemicryptophytes being predominant.

The 21 communities were divided into 5 groups.

**Key words:** Dongling Mountain, R/T ratio, PCA ordination and classification, Plant floristic spectrum, Plant life-form spectrum

# 北京东灵山地区辽东栎幼林与成熟林物种多样性的比较研究<sup>•</sup>

王 巍 马克平 高贤明 刘灿然 于顺利

(中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** 运用物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数,对北京东灵山地区辽东栎幼林与成熟林进行了多样性的比较研究。结果表明:辽东栎幼林和成熟林两个群落物种组成基本相同,但一些物种在两群落中的优势程度不同。在乔木层,幼林的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数大于成熟林;在灌木层,幼林的丰富度指数和多样性指数大于成熟林,均匀度指数没有规律;在草本层,成熟林的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数大于幼林。群落总体多样性分析表明:成熟林丰富度指数大于幼林;幼林多样性指数大于成熟林;两群落的均匀度指数大体相同。

**关键词** 东灵山 辽东栎 物种多样性

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。生物多样性是一个内涵十分广泛的重要概念,包括多个层次或水平。其中,研究较多、意义重大的主要有基因多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性四个层次(马克平,1993)。对森林物种多样性的研究有助于了解森林物种多样性的现状(包括受威胁现状)、形成、保护及维持机制。辽东栎林是暖温带落叶阔叶林的典型代表,本文用多样性分析方法对北京东灵山地区的辽东栎幼林与成熟林两个群落的物种多样性进行比较研究,以利于了解辽东栎林这一暖温带地带性植被的结构及其动态规律。

## 1 研究地区自然概况

东灵山是北京西部山区著名的山峰。东灵山地区包括:百花山、小龙门、龙门涧等地,属于太行山系、小五台山脉的余脉。东灵山地区的山峰大多数在海拔 1000 m 以上,最高峰东灵山,海拔 2303 m,是北京境内最高峰。东灵山地处北纬  $39^{\circ}48' \sim 40^{\circ}00'$ ,东经  $115^{\circ}24' \sim 115^{\circ}36'$ ,为暖温带大陆性季风气候,年平均气温  $2 \sim 7^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$  年积温  $2300 \sim 3600$ ,年日照 2600 h;年降水量 500 mm 左右,多集中在 6~8 月,无霜期 160 d 以下。

本项研究样地设在中国科学院北京森林生态系统定位研究站内,定位站位于北京门头沟区龙门森林公园。样地土壤为山地棕壤,pH 值为 6.0~7.0,土层厚度为 50 cm 左右,地表有 2~5 cm 厚的枯枝落叶层。

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

样地设置采用典型取样法,在辽东栎幼林中设立  $2000\text{ m}^2$  的永久样地,分成  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$  的样方 80 个;在辽东栎成熟林中设立  $1500\text{ m}^2$  的永久样地,分成  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$  的样方 60 个。对样地内的乔木、灌木和草本进行每木调查,记录项目主要包括:高度、枝下高、胸径、冠幅;灌木和

• 本文系中科院九五重点项目“中国主要落叶栎林基本特征的地理分异及其形成机制的综合研究(KZ952-SI127)”的部分内容

草本记录其高度、盖度、多度。本项工作于 1995 年完成。

表 1 辽东栎幼林、成熟林乔木层各物种的多度、相对多度和频度

种名	多度		相对多度(%)		频度(%)	
	幼林	成熟林	幼林	成熟林	幼林	成熟林
色木槭 <i>Acer mono</i>	61	235	3.12	17.12	37.50	73.33
棘皮桦 <i>Betula dahurica</i>	372	18	19.05	1.31	83.75	11.67
大叶白蜡 <i>Fraxinus rhynchophylla</i>	311	637	15.92	46.50	75.00	96.67
华北落叶松 <i>Larix principis-rupprechtii</i>	17	6	0.87	0.44	5.00	1.67
山杨 <i>Populus davidiana</i>	144	1	7.37	0.07	45.00	1.67
糠椴 <i>Tilia mandshurica</i>	0	11	0	0.80	0	1.67
蒙椴 <i>Tilia mongolica</i>	75	83	3.84	6.06	11.25	18.33
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	18	0	0.92	0.00	11.25	0.00
山柳 <i>Salix phylicifolia</i>	2	0	0.10	0.00	1.25	0.00
大果榆 <i>Ulmus macrocarpa</i>	41	0	2.10	0.00	13.75	1.67
辽东栎 <i>Quercus liaotungensis</i>	912	379	46.70	27.66	100.00	100.00

## 2.2 资料分析

分别计算乔木、灌木及草本植物的多度、相对多度和频度。

多样性计算选择了 13 个多样性指数,包括 3 个丰富度指数、5 个多样性指数和 5 个均匀度指数,其计算公式如下:

①丰富度指数 (Peet, 1974):

$$R1 = (S - 1) / \ln N$$

$$R2 = S / \ln N$$

$$R3 = S / N^{1/2}$$

②多样性指数 (马克平, 1994):

$$\text{Simpson 指数 } D = \sum P^2$$

$$\text{Gini 指数 } D1 = 1 - \sum P_i^2$$

$$\text{多样性整测法 } OD = (\sum P_i^2)^{-1} - 1$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数 } H = - \sum P_i \ln P_i$$

$$\text{McIntosh 指数 } DM = [N - (\sum N_i)^{1/2}] / (N - N^{1/2})$$

③均匀度指数(马克平, 1994)

$$\text{Pielou 均匀度指数 } Jsw = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln S$$

$$\text{Simpson 均匀度指数 } JSi = (1 - \sum P_i^2) / (1 - 1/S)$$

$$\text{Heip 均匀度指数 } Eh = [\exp(-\sum P_i \ln P_i) - 1] / (S - 1)$$

$$\text{Sheldon 均匀度指数 } E_s = \exp(-\sum P_i \ln P_i) / S$$

$$\text{Alatalo 均匀度指数 } E_a = [(\sum P_i^2)^{-1} - 1] / [\exp(-\sum P_i \ln P_i) - 1]$$

式中:S 为群落(样地)中物种数目;Ni 为第 I 个物种的重要值;N 为群落(样地)中所有物种重要值之和;Pi = Ni / N, 为第 i 个物种的相对重要值。

重要值的计算公式为:

乔木的重要值 = 相对密度 + 相对优势度 + 相对高度

灌木和草本的重要值 = 相对高度 + 相对盖度

群落总体物种多样性计算:

$$\text{加权参数 } Wi = (RHi + RCi)/2$$

式中:  $RHi = Hi/\sum Hi$ ;  $RC_i = C_i/C_i$ ;  $RHi$  为群落(样地)中各叶层相对厚度;  $RC_i$  为群落(样地)各层次的相对盖度。

### 3 结果与分析

#### 3.1 辽东栎幼林与成熟林两群落结构比较

分析表 1 中的树种组成, 明显可以看出辽东栎(*Quercus liaotungensis*)林是次生的群落类型, 事实上东灵山辽东栎林确实是在原生植被破坏殆尽后发生的次生林。从表 1 中可以看出, 辽东栎很少形成纯林, 伴生树种较多, 主要有色木槭(*Acer mono*)、棘皮桦(*Betula dahurica*)、大叶白蜡(*Fraxinus rhynchophylla*)、山杨(*Populus davidiana*)等。

表 2 辽东栎幼林与成熟林灌木层各物种的多度、相对高度和频度

种名	多度		相对多度 (%)		频度 (%)	
	幼林	成熟林	幼林	成熟林	幼林	成熟林
三裂绣线菊 <i>Spiraea trilobata</i>	15	15	4.10	3.21	7.5	10.00
土庄绣线菊 <i>Spiraea pubescens</i>	127	77	34.70	16.45	68.75	61.67
照山白 <i>Rhododendron micranthum</i>	11	18	3.01	3.85	8.75	20.00
迎红杜鹃 <i>Rhododendron mucronulatum</i>	1	24	0.27	5.13	1.25	23.33
六道木 <i>Abelia biflora</i>	12	57	3.28	18.00	11.25	61.67
大花溲疏 <i>Deutzia grandiflora</i>	108	24	29.51	5.13	46.25	21.67
小花溲疏 <i>Deutzia parviflora</i>	16	13	4.37	2.78	11.25	8.33
毛叶丁香 <i>Syringa pubescens</i>	0	3	0	0.64	0	5.00
蒙古荚蒾 <i>Viburnum mongolicum</i>	1	1	0.27	0.21	1.25	1.67
毛榛 <i>Corylus mandshurica</i>	1	20	0.27	4.27	1.25	11.67
胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	74	216	20.22	46.15	45.00	61.67

表 3 辽东栎幼林与成熟林草本层各物种的相对多度、频度和多度

种名	多度		相对多度 (%)		频度 (%)	
	幼林	成熟林	幼林	成熟林	幼林	成熟林
远东芨芨草 <i>Achnatherum extremiorientale</i>	14	6	17.50	1.67	0.6	0.21
草乌 <i>Aconitum kusnezoffii</i>	3	24	3.75	20.00	0.13	0.84
展枝沙参 <i>Adenophora divaricata</i>	22	155	17.50	93.33	0.95	5.44
石沙参 <i>Adenophora polyantha</i>	21	8	13.75	6.67	0.90	0.28
龙芽草 <i>Agrimonia pilosa</i>	2	0	2.50	0.00	0.09	0.00
荳葱 <i>Allium victorialis</i>	0	1	0.00	1.67	0.00	0.04
牛尾蒿 <i>Artemisia subdigitata</i>	134	86	67.50	56.67	5.77	3.02
蒙古蒿 <i>Artemisia mongolica</i>	0	7	0.00	6.67	0.00	0.25

(续表)

种名	多度		相对多度(%)		频度(%)	
	幼林	成熟林	幼林	成熟林	幼林	成熟林
细裂叶蒿 <i>Artemisia tanacetifolia</i>	21	1	13.75	1.67	0.90	0.04
雉隐天冬 <i>Asparagus schoberioides</i>	34	55	37.50	58.33	1.46	1.93
三褶脉紫菀 <i>Aster ageratoides</i>	63	140	26.25	65.00	2.71	4.91
苍术 <i>Atractylodes lancea</i>	23	96	16.25	66.67	0.99	3.37
北柴胡 <i>Bupleurum chinense</i>	57	137	36.25	81.67	2.45	4.81
野青茅 <i>Calamagrostis arundinacea</i>	280	286	72.50	90.00	12.05	10.03
毛细柄黄耆 <i>Astragalus capillipes</i>	5	0	3.75	0.00	0.22	0.00
短尾铁线莲 <i>Clematis brevicaudata</i>	12	5	10.00	8.33	0.52	0.18
紫花野菊 <i>Dendranthema zawadskii</i>	9	0	2.50	0.00	0.38	0.00
猫眼草 <i>Euphorbia lunulata</i>	4	0	2.50	0.00	0.17	0.00
矮苔草 <i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>	225	293	80.00	88.33	9.68	10.28
宽叶苔草 <i>Carex siderosticta</i>	0	28	0.00	11.67	0.00	0.98
半钟铁线莲 <i>Clematis ochotensis</i>	2	2	1.25	1.67	0.09	0.07
铃兰 <i>Convallaria majalis</i>	46	66	21.25	40.00	1.98	2.31
小红菊 <i>Dendranthema chanetii</i>	266	161	86.25	88.33	11.45	5.65
穿龙薯蓣 <i>Dioscorea nipponica</i>	69	65	51.25	65.00	2.97	2.28
东风菜 <i>Dollingeria scaber</i>	0	41	0.00	23.33	0.00	1.44
线叶猪殃殃 <i>Galium linearifolium</i>	40	23	12.50	11.67	1.72	0.81
水金凤 <i>Impatiens noli-tangere</i>	0	7	0.00	8.33	0.00	0.25
苦荬菜 <i>Ixeris sonchifolia</i>	61	3	40.00	3.33	2.62	0.11
大丁草 <i>Leibnitzia anandria</i>	1	1	1.25	1.67	0.04	0.04
异叶败酱 <i>Patrinia heterophylla</i>	3	20	1.25	11.67	0.13	0.70
糙苏 <i>Phlomis umbrosa</i>	4	31	3.75	25.00	0.17	1.09
玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i>	18	66	11.25	43.33	0.77	2.31
莓叶委陵菜 <i>Potentilla fragarioides</i>	0	3	0.00	1.67	0.00	0.11
蓝萼香茶菜 <i>Rabdosia japonica</i> var. <i>glaucocalyx</i>	121	11	60.00	6.67	5.21	0.39
广布野豌豆 <i>Vicia cracca</i>	1	0	1.25	0.00	0.04	0.00
牛迭肚 <i>Rubus crataegifolius</i>	6	24	5.00	21.67	0.26b	0.84
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	72	5	48.75	5.00	3.10	0.18
地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>	26	130	22.50	81.67	1.12	4.56
银背风毛菊 <i>Saussurea nivea</i>	235	214	80.00	90.00	10.11	7.51
华北风毛菊 <i>Saussurea mongolica</i>	11	36	3.75	18.33	0.47	1.26
景天三七 <i>Sedum aizoon</i>	9	68	7.50	55.00	0.39	2.39
北千里光 <i>Senecio dubitabilis</i>	4	8	2.50	8.33	0.17	0.28

(续表)

种名	多度		相对多度(%)		频度(%)	
	幼林	成熟林	幼林	成熟林	幼林	成熟林
大油芒 <i>Spodiopogon sibiricus</i>	149	117	58.75	58.33	6.41	4.10
贝加尔唐松草 <i>Thalictrum baicalense</i>	137	124	75.00	90.00	5.90	4.35
藜芦 <i>Veratrum nigrum</i>	20	139	17.50	83.33	0.86	4.88
歪头菜 <i>Vicia unijuga</i>	4	120	3.75	88.33	0.17	4.21
球果堇菜 <i>Viola collina</i>	57	19	33.75	21.67	2.45	0.67
深山堇菜 <i>Viola selkirkii</i>	0	1	0.00	1.67	0.00	0.04
斑叶堇菜 <i>Viola variegata</i>	30	18	15.00	18.33	1.29	0.63
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	2	0	2.50	0.00	0.09	0.00
瓣蕊唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i>	1	0	1.25	0.00	0.04	0.00

注:幼林 44 种,成熟林 44 种

表 1、表 2 和表 3 所列的乔木、灌木和草本物种表明:辽东栎幼林和成熟林两群落中物种的种类差别不大。两个群落的灌木层中物种较少,土庄绣线菊 (*Spiraea pubescens*) 和胡枝子 (*Lespedeza bicolor*) 在两群落中占优势,六道木 (*Abelia biflora*) 在成熟林中占优势,而大花溲疏 (*Deutzia grandiflora*) 则在幼林中占优势。两个群落中的草本生长繁茂,种类十分丰富,地面芽和地下芽植物层片为优势层片,主要的种类有牛尾蒿 (*Artemisia subdigitata*)、野青茅 (*Calamagrostis arundinacea*)、矮苔草 (*Carex humilis* var. *nana*)、小红菊 (*Dendranthema chanetii*)、穿龙薯蓣 (*Dioscorea nipponica*)、银背风毛菊 (*Saussurea nivea*)、大油芒 (*Spodiopogon sibiricus*)、贝加尔唐松草 (*Thalictrum baicalense*)。一些种类在成熟林中明显比在幼林中占优势,这些种类包括:展枝沙参 (*Adenophora divaricata*)、雉隐天冬 (*Asparagus schoberioides*)、苍术 (*Astractylodes lancea*)、北柴胡 (*Bupleurum chinense*)、三裂脉紫菀 (*Aster ageratoides*)、铃兰 (*Convallaria majalis*)、玉竹 (*Polygonatum odoratum*)、地榆 (*Sanguisorba officinalis*)、藜芦 (*Veratrum nigrum*)、歪头菜 (*Vicia unijuga*);另一些种类在幼林中比在成熟林中占优势,这些种类包括:苦荬菜 (*Ixeris sonchifolia*)、蓝萼香茶菜 (*Rabdosia japonica* var. *glaucocalyx*)、球果堇菜 (*Viola collina*)、茜草 (*Rubia cordifolia*)。这些草本物种在两个群落中的分布并无特别规律,可能是由于群落演替过程中随机残留的结果。

### 3.2 辽东栎幼林与成熟林物种多样性比较

植物群落由于组成成分在群落中所占空间不同,对群落的结构、外貌、功能和动态等方面所起的作用不同,特别是个体大小差异悬殊,所以在测度群落总多样性时,一般采用不同的层次分别测度。从表 4 可以看出,在乔木层,物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数都是幼林大于成熟林,表明辽东栎林在成长过程中,乔木层多样性逐渐减小;在灌木层,幼林的丰富度指数和多样性指数都大于成熟林,但 5 个均匀度指数没有共同规律,可推测两群落灌木层的均匀程度相差不大。在草本层,物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数大小关系为:成熟林 > 幼林,表明成熟林中的草本比幼林中的草本发育得更为成熟。草本层的多样性指数受到上层的乔木、灌木的影响,因此两群落中草本层的多样性指数呈现出与乔木、灌木的多样性指数相反的现象。

在测量群落总体多样性时,将群落不同层次的多样性指数累加起来并不是一个可取的办

法,因为不同层次的物种对群落各方面的贡献是不等价的,所以累加不能真正反映群落总体的多样性特征,尤其在进行群落间比较时,可能会产生错误的结果。所以,在对辽东栎幼林和成熟林群落总体多样性进行比较时,采用能反映群落各层次生产力水平的叶层相对厚度( $RH$ )和群落各层次的相对盖度( $RC$ )之和的平均值作为加权参数(高贤明等,1997)。加权结果显示,辽东栎成熟林的丰富度指数大于幼林;幼林的多样性指数大于成熟林;两群落的5种均匀度指数大体相同。

表4 辽东栎幼林、成熟林的物种多样性指数

群落类型	丰富度指数			多样性指数					均匀度指数					
	R1	R2	R3	D	D1	OD	H'	D <sub>M</sub>	J <sub>sw</sub>	J <sub>si</sub>	E <sub>h</sub>	E <sub>s</sub>	E <sub>a</sub>	
乔	幼林	3.66	3.89	1.91	0.73	0.72	2.57	1.59	0.53	0.56	0.77	0.29	0.24	0.66
木	成熟林	3.42	3.66	1.94	0.69	0.68	2.12	1.36	0.50	0.50	0.73	0.26	0.21	0.73
灌	幼林	2.75	2.98	1.46	0.75	0.74	2.86	1.61	0.55	0.63	0.80	0.39	0.34	0.71
木	成熟林	2.69	2.93	1.59	0.70	0.69	2.25	1.64	0.51	0.66	0.76	0.43	0.38	0.54
草	幼林	9.81	10.04	4.92	0.94	0.92	12.28	2.93	0.82	0.77	0.95	0.43	0.41	0.69
木	成熟林	10.99	11.24	5.94	0.96	0.95	11.68	2.17	0.88	0.83	0.97	0.52	0.51	0.77
总	幼林	3.93	4.16	2.04	0.75	0.74	3.44	1.70	0.56	0.60	0.79	0.32	0.28	0.68
体	成熟林	3.97	4.22	2.23	0.73	0.71	3.85	1.66	0.54	0.59	0.76	0.35	0.30	0.67

## 参 考 文 献

- 马克平.1993.试论生物多样性的概念.生物多样性.1(1): 20-22  
 马克平.1994.生物多样性的测度方法.见钱迎倩,马克平(主编).生物多样性的原理与方法.北京:中国科学技术出版社,141-165  
 高贤明,黄建辉等.1997.太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究 II.演替系列的群落多样性特征.生态学报.17(6): 619-625  
 Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. Ann. Rev. Eco. Syst. 5: 285-307

## THE SPECIES DIVERSITY OF MATURE AND IMMATURE FORESTS OF *QUERCUS LIAOTUNGENSIS* IN DONGLING MOUNTAIN ,BEIJING

Wang Wei, Ma Keping, Gao Xianming, Liu Canran,  
Yu Shunli

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Using the richness indices, diversity indices and evenness indices, we compare the species diversity of mature and immature forests of *Quercus liaotungensis* in Dongling Mountain, Beijing. The results are as follows: the species components of the two communities are basically the same, but the dominances of some species are different. In tree layer, the richness indices, diversity indices and evenness indices of immature forest are higher than those of mature forest; in the scrub layer, the richness indices and diversity indices of immature forest is higher than those of mature

forest, and the evenness indices are not regular in the two communities; in the herb layer, the richness indices, diversity indices and evenness indices of mature forest are higher than those of immature forest. The analysis of the total diversity shows that the richness indices of mature forest is higher than those of immature forest; the diversity indices of immature forest are higher than those of mature forest; the evenness indices of two communities are near.

**Key words:** Dongling Mountain, *Quercus liaotungensis* forest, Species diversity

## 昆嵛山主要林型土壤种子库及幼苗分布特点

朱建平 王仁卿 张淑萍

(山东大学生物系, 济南 250100)

**摘要** 昆嵛山位于山东半岛东部, 分布的主要林型有赤松纯林和赤松黑松混交林, 赤松是乡土树种, 黑松为 70 年代后引进的树种。分别在 3 处选择  $20\text{ m} \times 20\text{ m}$  的样地各一块, 样地 1 为赤松纯林, 样地 2、3 为赤松黑松混交林。在每块样地分别选择 5 个  $40\text{ m} \times 25\text{ m} \times 3\text{ m}$  土壤样方和一个  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$  的幼苗样方。统计种子库中赤松、黑松种子数量及其幼苗数, 则对于昆嵛山主要林型, 赤松种子密度为  $337\text{ 枚}/\text{m}^2$ , 黑松为  $60\text{ 枚}/\text{m}^2$ ; 种子库发芽密度赤松为  $10\text{ 枚}/\text{m}^2$ , 黑松为  $20\text{ 枚}/\text{m}^2$ ; 幼苗密度赤松为  $1.6867\text{ 株}/\text{m}^2$ , 黑松为  $0.1463\text{ 株}/\text{m}^2$ , 由此计算发芽率赤松种子为 3%, 黑松种子为 33.3%; 成苗率赤松为 16.87%, 黑松为 0.37%。从赤松和黑松的种子库特征及其幼苗的关系上, 可看出赤松的生活力要高于黑松。

**关键词** 种子库 幼苗 针叶林 赤松 黑松

赤松 (*Pinus densiflora*) 是分布于朝鲜、日本和中国的针叶树种。它在中国的分布自辽东半岛经山东半岛达江苏北部的云台山。分布区属暖温带东部滨海地区。区内年均温  $7\sim 13^\circ\text{C}$ , 年降水量  $600\sim 1000\text{ mm}$ , 年均相对湿度 65%。赤松是我国暖温带落叶林区域温性针叶林的建群种之一, 仅山东省赤松林面积即达  $260000\text{ m}^2$  以上, 分别占全省森林面积的 20.19% 和木材总蓄积的 14.49%。除少数林场曾用赤松人工造林外, 在广大地区赤松都是天然更新, 即“飞籽成林”。由于赤松特别是在山东植被的重要地位和天然更新的优点, 对赤松的研究很多, 但大多集中在林业生产部门。在 60 年代, 由于赤松松干蚧 (*Matsucoccus matsumurae*) 和松毛虫 (*Dendrolimus spectabilis*) 大发生, 人们不得不大面积砍伐因两虫害而死亡的赤松。在这种情况下, 林业生产和研究部门不少人提出“赤松下山”、“淘汰赤松”等口号, 希望用其他树种如黑松 (*Pinus thunbergii*) 或日本落叶松 (*Larix kaempferi*) 等代替赤松, 且不少地方付诸实施。昆嵛山在 70 年代也引种了黑松和日本落叶松。也有不少学者认为赤松虽易受虫害, 但在防治和改造赤松纯林的基础上, 应对赤松进行保留和发展。本文目的在于从昆嵛山赤松和黑松种子库的特征及其幼苗的对比中讨论赤松的发展前途问题。

种子库是种子繁殖的数量特征。Harper 称之为潜在的种群。由于种子是植物生活周期中唯一有移动能力的阶段, 对于植被更新、演替、格局等非常重要, 所以种子库是植物种群生态学和植被生态学研究的热点之一。土壤种子库的研究最早可追溯到 Darwin (1859) 的工作。但一般来讲, 在国外对种子库的研究始于 1930 年 Ridley 的研究工作 (Grime, 1989)。然而大量的研究却集中在最近 20 年。研究范围包括: 动态及原因; 类型及进化上的意义; 组成及不同演替阶段的关系; 种子的时间和空间分布; 幼苗死亡率、存活率在时间和空间的差异及原因; 种子的补充量等。

在我国种子库的研究近几年刚刚兴起, 如对红松种子分布及成材特征的研究; 对兴安落叶松种子分布及种子库持续性的研究; 对草地几种植物种子生产及散布的研究; 对不同演替阶

段种子库的比较;以及对土壤种子库总量的研究等(安树青,1994;刘庆洪,1988;杨允菲,1988;钟章成,1992;熊利民,1992;班勇,1995;徐化成等,1996)。对赤松种子库的研究还未见于文献中。

## 1 研究区域概况及方法

### 1.1 研究区域自然条件概况

昆嵛山位于山东半岛东部,30°25'N,121°73'E,属崂山山系。主峰太白顶海拔940 m,为胶东第二高峰,整个山脉自东南向西北倾斜,一直延伸到渤海,山岭坡度一般都在20~30°左右。昆嵛山南临黄海,北与渤海相望,属海洋性气候。年均温12.1℃,极端最高温37.1℃,极端最低温-18.7℃,年均降水量900 mm,无霜期约200 d(1958~1990)。母岩为花岗岩,土壤为棕壤。

表1 植被样地特征(面积20×20 m<sup>2</sup>)

样地号	林型	小地形	水分条件	样地特征		干扰
				群落特征	土壤特点	
1	赤松纯林	山坡中部 ,SW43°坡度 29°	较湿润	结构完整, 层次明显	棕壤	无干扰
2	黑松黑松混交林	山上部	较干燥	灌木层不 明显	粗骨性棕壤	轻微放牧 痕迹
3	赤松黑松混交林	山坡中部,E 35°坡度 43°	湿润	灌木、藤本 植物丰富	棕壤	轻微人为 活动痕迹

表2 土壤样方特征

植被 样地号	土壤样方				
	样方1	样方2	样方3	样方4	样方5
1	枯枝落叶层 4 cm,土层 10 cm,有 2 株 3 年生赤松幼苗	枯枝落叶层 2 cm,土层 20 cm,腐殖质层 5 cm,5 cm 以下土 壤潮湿	枯枝落叶层 1 cm,土层深厚, 腐殖质层 3 cm	枯枝落叶层 5 cm	
2	岩石突露较多, 草本丰富,粗 骨性土壤,样 地位于人工梯 田上,样方附 近有大块岩石	枯枝落叶层 3 cm,腐殖质层 1 cm,土层干 而薄,样方位 于陡坡	枯枝落叶层 3 cm,草本根系 发达,土壤颗粒 细,样方位于 陡,样外有突出 岩石,样方上有 平坦岩石	枯枝落叶层 1 cm,土壤干 而薄,多粗 沙粒	枯枝落叶层 2 cm, 腐殖质层 1 cm, 土壤干燥、颗粒 细
3	枯枝落叶层 4 cm,腐殖质层 1 cm,土壤颗 粒细,样外有 赤松黑松幼苗	枯枝落叶层 5 cm,腐殖质层 2 cm,样地外 有赤松,土壤 颗粒细	枯枝落叶层 6 cm, 腐殖质层 4 cm, 样外有赤松	样地外有多株 赤松幼苗, 多草本植物	枯枝落叶层 3 cm, 腐殖质层 1 cm, 样地上方有大块 岩石,样外有赤 松、黑松幼苗

### 1.2 取样方法

1996年4月13日在昆嵛山林场一分场的3个不同地点选择3块样地,样地1在黑流夼,样地2在小伏草夼,样地3在深岭夼。每块样地面积为20 m×20 m,在每块样地内分别做5

个  $40\text{ cm} \times 25\text{ cm} \times 3\text{ cm}$  土壤样方;另分别做 1 个  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$  幼苗样方,调查赤松、黑松幼苗情况。植被样地与土壤样方特征见表 1、2。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子库发芽实验

把土壤样方带回实验室,分检出全部赤松和黑松种子,放到培养皿中,加蒸馏水在  $20^{\circ}\text{C}$  室温下培养两周,做发芽实验。取 1995 年冬从树上采集的赤松、黑松种子做发芽对照试验。结果如下:

表 3 土壤样方种子发芽实验结果

植被 样地号	土壤样方号	赤松种子			黑松种子		
		数量	发芽数	发芽率(%)	数量	发芽数	发芽率(%)
1	1	16	0	0	5	2	40
	2	38	0	0	3	2	67
	3	16	0	0	1	1	100
	4	13	1	8	2	1	50
	5	19	0	0	8	3	38
小计		102	1	1	19	9	47.4
2	1	136	4	3	15	4	27
	2	45	0	0	16	5	30
	3	42	2	5	9	0	0
	4	27	0	0	4	3	75
	5	52	2	4	3	1	33
小计		302	8	2.65	47	13	27.6
3	1	19	0	0	3	2	67
	2	28	2	7	8	4	50
	3	36	3	8	3	1	33
	4	11	0	0	2	0	0
	5	10	1	10	8	1	12.5
小计		104	6	5.8	24	8	33.3
总计		508	15	3	90	30	33.3

按样地 1、2、3 种子的平均发芽率,赤松分别为 1%、2.65%、5.8%,总体平均发芽率为 3%。黑松分别为 47.4%、27.6%、33.3%,总体平均发芽率为 33.3%。赤松种子的发芽率明显低于黑松种子的发芽率。

### 2.2 对照实验

取 1995 年冬从黑松、赤松树上采集的种子放于培养皿中,加蒸馏水在室温  $20^{\circ}\text{C}$  下培养做发芽对照实验。结果如下:对照组种子的平均发芽率赤松为 70%,黑松为 76.5%。黑松种子的发芽率略高于赤松种子的发芽率,与种子库的发芽率结果不一致。分析原因可能有:

1) 种子库中赤松和黑松种子的年龄不同,它们的生活力也不同。赤松是乡土树种,而黑松为 70 年代才引进的树种,赤松的种子库种子的平均年龄要大于黑松,所以在种子库中赤松种子的发芽率要远低于黑松。

2) 分检种子库的赤松和黑松种子时可能有误,分检出的黑松种子少于实际数目,而赤松种子高于实际数目,从而使黑松种子的发芽率高而赤松种子的发芽率低。

表 4 种子发芽对照实验

对照组	种子数量	赤松种子		黑松种子	
		发芽数	发芽率(%)	发芽数	发芽率(%)
1	50	25	50	25	50
2	50	38	80	47	94
3	50	39	78	46	92
4	50	36	72	35	70
平均		35	70	38	76.5

### 2.3 幼苗数量

10年前黑松已进入结实期,调查小于10龄的幼苗,使调查的赤松和黑松幼苗有可比较性。统计3块植被样地的3块5m×5m幼苗样方中的赤松和黑松的幼苗数,结果如下:

表 5 幼苗样方中赤松黑松幼苗数量

树龄	幼苗样方 1		幼苗样方 2		幼苗样方 3	
	赤松	黑松	赤松	黑松	赤松	黑松
1~3	8	0	5	0	10	1
14~6	8	0	7	1	29	4
47~10	5	0	6	1	3	0
合计	21	0	18	2	42	5

此表说明赤松幼苗数远多于黑松幼苗数。这与种子库中赤松种子的发芽率远低于黑松种子的发芽率形成鲜明对照。进一步的分析有待于以后的重复研究。

### 2.4 统计分析

把样方所得的数值进行统计分析,结果如下:

表 6 统计结果

种子库特征	赤松纯林		赤松黑松混交林		平均
	以样地 1 计算	以样地 2 计算	以样地 3 计算		
种子库密度 (枚/m <sup>2</sup> )	赤松 200		604	208	337
	黑松 380		94	48	60
种子库发芽密度 (枚/m <sup>2</sup> )	赤松 2		16	12	10
	黑松 18		26	16	20
幼苗密度 (株/m <sup>2</sup> )	赤松 1.3		1.13	2.63	1.6867
	黑松 0		0.125	0.314	0.1463
发芽率 (%)	赤松 1		2.6	5.7	3
	黑松 47		28	33	33.3
成苗率 (%)	赤松 65		7.06	22	16.87
	黑松 0		0.48	1.96	0.73

种子库密度赤松平均为337枚/m<sup>2</sup>,黑松为60枚/m<sup>2</sup>;种子库发芽密度赤松平均为10枚/m<sup>2</sup>,黑松为20枚/m<sup>2</sup>;幼苗密度赤松平均为1.6867株/m<sup>2</sup>,黑松为0.1463株/m<sup>2</sup>,由此计算种

子库发芽率赤松为3%，黑松为33.3%；成苗率赤松为16.87%，黑松为0.37%。由此得出赤松种子库远大于黑松种子库；黑松种子的发芽率远大于赤松种子的发芽率；赤松的幼苗密度和成苗率都远大于黑松。黑松种子有较高的发芽率却又有很低的成苗率，分析原因可能在于种子库中黑松种子的生活力高于赤松种子而幼苗又不太适应当地的环境，而赤松种子虽然发芽率稍低但却有很高的成苗率，可见赤松更适于当地的环境，赤松的生活力要高于黑松。

### 3 分析与讨论

由于赤松易受病虫害，在70年代人们不得不砍伐因受松干蚧、松毛虫大发生危害而死亡的赤松，同时有人提出“赤松下山”、“淘汰赤松”的口号，山东各地也做了一些赤松林更新为其他树种的实验研究（王希才，1992, 1994），取得了一些成果。昆嵛山林场也在70年代起引种了黑松、落叶松等，现今看到的赤松、黑松混交林即为引进的黑松与自然更新的赤松混交的结果。从实验可看出昆嵛山主要林型赤松幼苗极为丰富，特别是赤松实生苗数远多于黑松的实生苗数，黑松成苗率极低，说明赤松生活力远高于黑松，赤松更适于当地环境，特别是赤松在当地有自然更新的能力，只要封禁保护好，6~10年即可达到绿化要求，一般20年左右即能成材，所以它不失为一种优秀的造林树种，特别是它在温带沿海具有海洋性气候的低山丘陵地区有不可替代性。从种子库目前动态看，大量的赤松幼苗，少量的黑松幼苗不利于形成赤松—黑松混交林。由于赤松纯林极易遭到病虫害的毁灭性的灾害，因此发展赤松黑松混交林、赤松麻栎混交林是比较理想的选择。所以对于昆嵛山林场来说，应在封山育林的基础上，适度间伐赤松，人为种植黑松，培育麻栎（*Quercus acutissima*）长成乔木。也可人工营造阔叶树，特别在山坡中下部营造刺槐（*Robinia pseudoacacia*）、麻栎、栓皮栎（*Quercus variabilis*）、山合欢（*Albizia kalkora*）、刺楸（*Kalopanax septemlobus*）、臭椿（*Ailanthus altissima*）等块状林，尽量保留山沟杂木林，如枫杨（*Pterocarya stenoptera*）、赤杨（*Alnus japonica*）、花楸（*Sorbus pohuashanensis*）、刺楸、麻栎、刺槐、毛白杨（*Populus tomentosa*）等，以达到针阔混交的目的。此外积极防治害虫，除化学防治外，放养瓢虫（*Leis axyridis*）、草蛉（*Chrysopa sinica*）、赤眼蜂（*Trihogramma dendrolimi*），保护招引食虫鸟类如灰喜鹊（*Pica pica*）等。通过综合治理，保护林场的生物多样性，使林场能长期稳定的生产。由于本研究取样时间和数量都不充分，研究内容和方法也较为简单，许多问题尚待进一步论证和确定。

### 参 考 文 献

- 王仁卿. 1989. 山东半岛赤松林的天然更新及其发展前途的研究. 生态学杂志. 8(2): 18~22  
 安树青. 1996. 宝华山主要植被类型土壤种子库初探. 植物生态学报. 20(1): 41~50  
 刘庆洪. 1988. 红松阔叶林中红松种子的分布与更新. 植物生态学与地植物学学报. 12(2): 134~142  
 杨允菲. 1988. 不同生态条件下羊草种子生产的探讨. 生态学报. 8(3): 256~262  
 钟章成. 1992. 我国植物种群生态学研究的成就与展望. 生态学杂志. 11(1): 4~8  
 熊利民 钟章成. 1992. 亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤种子库初步研究. 植物生态学与地植物学学报. 16(3): 249~257  
 班勇. 1995. 土壤种子库结构与动态. 生态学杂志. 14(6): 42~47  
 徐化成, 班勇. 1996. 大兴安岭北部兴安落叶松种子在土壤中分布及其种子库的持续性. 植物生态学报. 20(1): 28~34  
 徐程杨. 1995. 长白山地区天然赤松林群落学特性的研究. 植物研究. 15(2): 220~229  
 魏宏图. 1992. 江苏云台山宿城自然保护区赤松林年龄结构及其更新的特点. 植物生态学与地植物学学报. 16(1): 52~63  
 王希才. 1994. 赤松纯林更新为油松麻栎混交林的实验. 山东林业科技. 23(5): 32~34  
 王希才. 1992. 赤松林采伐迹地更新效果调查报告. 山东林业科技. 21(1): 71~73  
 Bertiller, M. B. 1994. Seed bank palters of *Festula pallens* in semiarid patagonia (Argentina): a possible limit to bush re-establish-

ment. *Biodiversity and Conservation*. 3(1):57-67  
Hill, M. O., Steven, P. A. 1981. The density of viable seed in soils of forest plantation in uplands Britain. *Journal of Ecology*. 69:  
693-709

## THE SOIL SEED BANK CHARACTERISTICS AND SEEDLINGS DISTRIBUTION OF THE DOMINANT FOREST TYPES ON KUNYU MOUNTAIN

Zhu Jianzhong, Wang Renqing, Zhang Shuping

(Department of Biology, Shandong University, Jinan 250100)

Kunyu Mountain lies in the east of Shandong Peninsula where the dominant forest types are pure *Pinus densiflora* forest and the mixed forest of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii*. *Pinus densiflora* is native species while *Pinus thunbergii* was introduced to here after 1970s. Three plots of  $20 \times 20 \text{ m}^2$  were selected in three different places which represent pure *Pinus densiflora* forest and the mixed forest of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* respectively. Five  $40 \times 25 \times 3 \text{ cm}^3$  soil quadrats and one  $5 \times 5 \text{ m}^2$  seedlings quadrats were selected in each plot. From the statistics of seed bank and seedlings, it can be concluded that in the dominant forest types of Kunyu Mountain the seed density of *Pinus desiflora* was 337 grains/ $\text{m}^2$ , and *Pinus thunbergii* was 60 grains/ $\text{m}^2$ , and their densities of germinated seeds were 10 and 20 grains/ $\text{m}^2$ , and their densities of seedlings were 1.6867 and 0.1463 plants/ $\text{m}^2$  respectively. From the above it could be worked out that the germinated rate of *Pinus densiflora* seed was 3%, with the seedling-forming rate being 16.87%, while the germinated rate and the seedling-forming rate of *pinus thunbergi* were 33.3% and 0.37% respectively. From the relations between characters of seed banks of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* and their seedlings, we can conclude that the vitality of *Pinus densiflora* is higher than that of *Pinus thunbergii*.

**key words:** Soil seed bank, Seedling, Coniferous forest, *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii*

## 土壤种子库与植被的关系

王巍 马克平 高贤明

(中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** 通过分析土壤种子库对植被的影响、植被对土壤种子库的作用、演替过程中土壤种子库和植被的动态、不同条件对土壤种子库向植被转化过程的影响,综合评述了土壤种子库和植被的关系。

**关键词:** 土壤种子库 植被

土壤种子库是指存在于土壤表面和土壤中的全部有活力的种子(Robert, 1981)。土壤种子库中的种子是一个潜在的种群,当条件适合时,有活力的种子就会萌发,然后补充到植被中去,植被成熟后,产生大量的种子返回土壤,因此,要完全描述一个植物群落就必须包括土壤种子库中的种子,因为它们和地上植被一样是物种的组成者,部分反映了植被的历史,同样影响植被的未来(邓自发,1997)。

虽然土壤中存在大量的种子,但有活力的种子只占少部分,而能够萌发的种子更少,但当一个生态系统遭到大规模的破坏(如砍伐,火烧等)后,土壤种子库就会发挥效力,通过有性繁殖(同时也有无性繁殖)产生新的个体,从而对植被的恢复和更新起到重要的作用(Thompson, 1992; 杨允菲, 1995)。本文将就土壤种子库对植被的影响、植被对土壤种子库的作用、演替过程中土壤种子库和植被的关系以及不同条件和因素对土壤种子库和植被的影响等方面综合评述土壤种子库和植被的关系,最后总结此项研究的意义。

### 1 土壤种子库对植被的影响

#### 1.1 土壤种子库的大小及对植被的影响

到目前为止,已有很多文献估计了不同群落的种子库大小,这些群落包括森林、沼泽、草地、冻原等(McGraw, 1980)。土壤种子库的大小和其对植被的贡献之间并没有必然的联系,但很多学者认为大的土壤种子库对植被的贡献要比小的土壤种子库大。Valk (1978)在研究沼泽时指出,沼泽在水位高时,植被稀疏,水位降低露出底层后,大量植被快速恢复,其原因是由于大的土壤种子库的存在。Leck (1995)在研究淡水沼泽时也发现种子库密度和幼苗密度呈正相关。Johnson (1975)指出,冻原种子库密度很小,所以植被再生的速度非常慢,但McGraw (1980)在研究冻原时却发现种子库密度并不低,其对植被贡献小的主要原因是:在寒冷地区,低温和微生物有限的活动使种子库中的种子保持休眠状态。Leck (1995)在研究淡水沼泽时发现,尽管种子库中缺乏多年生草本植物的种子,但多年生草本和一年生草本一样对群落的动态具有推动力。

#### 1.2 土壤种子库的格局对植被格局的影响

植被中物种的空间分布取决于土壤种子库中种子的分布(Janzen, 1971)。土壤种子库中种子分布分垂直分布(vertical distribution)和水平分布(horizontal distribution),这两种分布对植物种群分布的影响不同。垂直分布主要影响种群的建立,水平分布才真正决定种群的格局。

动物在此过程中起到了很重要的作用。一些啮齿类动物在取食种子的同时,也传播种子。它们把收集的种子埋藏在洞穴中或集中在地表下面,有些种子未被取食,遇到适当的条件就会发芽。例如Vander wall(1992)在啮齿类动物的洞穴旁发现许多有翅的松树种子,其中大约15%的种子产生幼苗,大部分幼苗两株或更多株为一丛聚集分布,Vander wall指出,这种植株分布格局明显是啮齿类动物传播种子的结果。类似的分布格局也在另一些物种中观测到(West, 1968; Vander wall, 1994)。

### 1.3 种子入侵对植被的影响

在一些群落中,经常会发现一些非本地物种生长,这主要是由于外来种的种子入侵到本地土壤种子库中的结果。因为有些种子散布能力很强,能从一个群落扩散到另一个群落(Howe, 1982; Werner, 1975)。例如一些风播种子能传播很远的距离,遇到障碍后会加入到当地的种子库中,遇到适宜条件就会长成植株,发展成植被。因此,这些种子入侵到本地土壤种子库中有利于维持物种多样性。

## 2 植被对土壤种子库的作用

### 2.1 植被盖度对土壤种子库大小的影响

植被盖度对土壤种子库大小有多方面的影响。在有动物捕食的情况下,植被的盖度对土壤种子库大小有两方面的影响:矮小的地被物(主要是矮草本)对地面的种子起到保护作用,防止动物捕食;而一些矮灌木的高盖度却可以遮避捕食种子的动物(例如鼠类、鸟类等),使它们逃避大型动物的捕食,这些高盖度的灌木起到保护动物的作用,有利于食种子动物捕食种子(Vonder wall, 1994)。

在没有动物捕食的情况下,植被的盖度对种子库大小的影响没有明显的规律。对一些物种来说,植被前一年的盖度会影响下一年的种子库大小,例如,在Hamilton沼泽区域,一年生植物凤仙花(*Impatiens capensis*)的大盖度使土壤种子库密度减小;而另一些物种情况则不同,例如,一年生植物菟丝子(*Cuscuta gronovii*)的植被盖度对土壤种子库大小没有影响(Leck, 1995)。

### 2.2 不同植被类型的种子库大小

在不同植物群落中,各植物的形态结构、繁殖能力不同,产生种子情况也各不相同,有的产生大量的种子,有的只产生少量的种子,所以,不同植被类型的土壤种子库密度各不相同。另外,群落中微生境(micro-habitat)的差异,也可能会对土壤种子库的大小产生影响,所以,即使是同一植被类型但区域不同,土壤种子库大小也可能不同。例如,非洲山地森林的土壤种子库的密度非常大(Teketay, 1995),而热带雨林的土壤种子库密度则很小(Thompson, 1992)。很多学者研究了不同植物群落土壤种子库中的种子密度,草地种子库密度为 $1,000\sim1,000,000$ 个/ $m^2$ (Harper, 1977; 张志权, 1996);森林为 $100\sim1,000$ 个/ $m^2$ (张志权, 1996);沙漠为269个/ $m^2$ ;重蚀地为275个/ $m^2$ (Garcia-Fayos等, 1995);草丛冻原为3367个/ $m^2$ (McGraw, 1980);园艺土壤为157000个/ $m^2$ ;弃耕地为 $1250\sim5000$ 个/ $m^2$ (Harper, 1997)(以上所列的各植被类型的种子库密度只代表各植被类型种子库密度的一般情况)。

### 2.3 不同植物生活型对土壤种子库的影响

不同植物生活型对土壤种子库的影响不同。一般而言,草本植物易于形成土壤种子库,但不同生活型草本的土壤种子库大小不同,在多年生草本占优势的地域,土壤种子库很小。例如,在雀麦(*Bromus inermis*)占优势的草地上,种子库密度只有 $280\sim2450$ 个/ $m^2$ ,而在一年

生草本占优势的群落中,土壤种子库中存在相当多的种子。这是因为多年生草本的种子产量比一年生草本的种子产量低(Harper, 1977)。一般木本植物在土壤中不积累种子(Johnson, 1975),所以木本植物对土壤种子库的贡献很小,通常只形成暂时的种子库(transient bank),但并不因为木本植物的土壤种子库小而影响木本植物在群落中的优势地位,因为木本植物除进行种子繁殖外,还可以进行无性繁殖(樊后保, 1996)。

### 3 演替过程中土壤种子库和植被的动态

#### 3.1 陆地生态系统演替过程中的土壤种子库和植被

在陆地生态系统中,随演替过程的进行,土壤种子库密度下降,种子库物种组成和植被的相似程度也下降。在处于演替早期的弃耕地中,一些早期演替的物种(例如杂草),对种子扩散和土壤种子库发展起到很大作用,反过来土壤种子库又大规模并且频繁地影响植被的发展。随着演替过程的进行,弃耕地演替为草地,草地又被灌丛替代,灌丛再被森林取代。随着植被类型的逐渐变化,土壤种子库的密度下降、种子库中种子和现存植被的相似程度下降(Tsyuzaki 和 Kanda, 1996)。熊利民等(1992)对亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤种子库与现存植被的关系进行了一些研究,也发现类似的变化趋势,还发现在物种组成上,土壤种子库各阶段均以草本植物为主,演替顶极种的种子仅在演替发展的后期阶段出现。

有学者在对森林种子库从演替早期到成熟期的发展过程的研究中发现:演替过程中,先锋种种子库中的种子数量最早达到高峰,然后逐渐下降。在顶极群落中,植被中优势物种(主要是乔木)的种子很少存在(Thompson, 1992)。

#### 3.2 水生生态系统演替过程中的土壤种子库和植被

水生态系统的演替不是线性演替(linear succession)(Leck, 1995; Mitsch 和 Gosselink, 1986)。通过1930~1980年对Hamilton沼泽的观测证明植被特征几十年来一直很相似,种子库和植被之间的关系与陆地生态系统不同,5种植物(4种一年生植物,1种多年生植物)在植被和土壤种子库中都占很大比例,这些植物对植被动态最重要(Leck, 1995)。

### 4 不同条件和因素对土壤种子库和植被关系的影响

有很多因素影响土壤种子库向幼苗的转化,这些因素包括光照(Densmore, 1997)、温度(Khan 和 Ungar, 1997)、病菌、动物捕食(Chambers, 1995)等。因为幼苗建成的过程也是土壤种子库减小的过程,所以研究这些过程对理解土壤种子库和植被之间的关系很有益处。影响土壤种子库的条件和因素很多,下面只简单地予以介绍。

#### 4.1 发芽条件

不同植物的种子发芽条件不同,所以一些种子在条件不适合的情况下很少发芽。例如,在Clocaenog森林中灯芯草的种子经常埋藏很深,虽然 *Juncus eflusus* 的种子在土壤中丰富度最高,但很少发芽(Hill, 1981),这就造成了土壤种子库中种子很多,却无法补充到植被中去的局面。种子发芽在恢复和保护生物多样性中的作用日益明显。一些生境条件只适合本地种的种子发芽,而对一些外来种的种子不适合,在恢复本地的植被时就要利用本地种或其他一些适合在本地发芽的物种(Chambers, 1994)。

#### 4.2 水位

Looney(1995)在研究海滨岛屿时发现,土壤种子库中的区系和地面植物区系的相似程度在秋天比在春天高。在美国Great lakes,湖水季节性波动,水位高时一些木本植物被淹死,水位下降后,它们会从具有丰富物种的土壤种子库中迅速生长出来(Thompson, 1992)。

#### 4.3 干扰

许多草本的更新是经过小规模的干扰(例如,单个树被风吹倒、放牧、野猪干扰等)造成的,小规模的干扰可以使埋藏在土壤深处的种子经过垂直运动来到地表,利于种子发芽。反过来,小规模的干扰又有利于土壤种子库的形成(Teketay,1995; Harper,1997)。

### 5 结语

土壤种子库和植被之间到底存在什么样的关系?这是一个非常难回答的问题,可能两者之间并没有一个非常明确的关系。它们之间的关系在不同种之间不同,在不同地域和不同植被类型之间也不相同,但研究土壤种子库和植被之间的关系却有重要的现实意义。

当前,随着人类活动的加剧,世界上大量的生态系统遭到破坏,物种正以前所未有的速度灭绝,因此采取有效的措施保护生物多样性已是当务之急(马克平,1993)。利用土壤种子库进行物种恢复和重建即是保护物种多样性的有效方法之一。因为土壤种子库在干扰后植被的恢复过程中是关键因子,所以在一些受干扰严重的陆地生态系统中,有效的管理可使一些需要保护的物种通过土壤种子库重建成植被(Chambers,1994)。以前一直认为水生生物主要靠克隆来扩大种群,但近来的研究证明,水生生物的种子在恶劣的环境中对种群的移地发育(colonization)、维持(maintenance)和重建(re-establishment)都具有重要作用(Lokker,1997)。因此,积累土壤种子库特征的信息(例如,物种数目、种子数量和种子分布深度等)可以为更新生态学(regeneration ecology)提供根据,尤其为干扰后更新潜力的估计提供依据(Teketay,1995)。

所以,通过研究土壤种子库和土壤种子库建成植被的关系,可以保护关键的物种,从而有利于维持生物多样性。

### 参 考 文 献

- 邓自发等.1997.青藏高原矮嵩草草甸种子库的初步研究.生态学杂志.16(5): 19-23  
樊后保.1996.蒙古栎种群天然更新的研究.生态学杂志.15(3): 15-20  
马克平.1993.试论生物多样性的概念.生物多样性.1(1): 20-22  
熊利民等.1992.亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤种子库的初步研究.植物生态学与地植物学学报.16(3): 249-257  
杨允菲.1995.松嫩平原盐碱植物群种子库的比较分析.植物生态学报.19(2):144-148  
张志权.1996.土壤种子库.生态学杂志.15(6):36-42  
Chambers,J. C. 1994. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 25: 263-292  
Chambers,J. C. 1995. Disturbance, life history strategies, and seed fates in Alpine herbfield communities, *American Journal of Botany*. 82(3):421-433  
Densmore,R. V. 1997. Effect of day length on germination of seeds collected in Alaska, *American Journal of Botany*. 84(2):274-278  
Garcia-Fayos,P. et.al. 1995. Seed population dynamics on badland slopes in Southeastern Spain. *Journal of Vegetation Science*. 6: 691-696  
Harper,J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. London, New York, San Francisco: Academic Press  
Hill,M. O. and Stevens,P. A. 1981. The density of viable seed in soils of forest plantations in upland Britain. *Journal of Ecology*. (69):693-709  
Howe,H. F. and Smallwood,J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 13:201-228  
Janzen,D. H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 2:465-492  
Johnson,E. A. 1975. Buried seed populations in the subarctic forest of Great Slave Lake, Northwest Territories. *Canadian Journal of Botany*. 53:2933-2941

- Khan ,M. A. and Ungra, I. A. 1997. Effects of thermoperiod on recovery of seed germination of halophytes from saline conditions. *American Journal of Botany.* 84(2):279 – 283
- Leck , M. A. and Simpson, R. L. 1995. Ten-year seed bank and vegetation dynamics of a tidal freshwater marsh. *American Journal of Botany.* 82(12):1547 – 1557
- Lokker, C. et al. 1997. Seed output and the seed bank in *Vallisneria americana* (Hydrocharitaceae). *American Journal of Botany.* 84(10):1420 – 1428
- Looney, P. B. and Gibson, D. J. 1995. The relationship between the soil seed bank and above-ground vegetation of a coastal barrier island. *Journal of Vegetation Science.* 6:825 – 836
- Mc Graw, J. B. 1980. Seed bank size and distribution of seeds in cottongrass tussock tundra, Eagle Creek, Alaska. *Canadian Journal of Botany.* 58:1607 – 1611
- Mitsch, W. J. and Gosselink, J. G. 1986. *Wetlands* Van Nostrand Reinhold New York, NY.
- Robert, H. A. 1981. Seed Banks in Soil. *Advances in Applied Biology.* 6:1 – 55
- Thompson, K. 1992. The functional ecology of seed banks. In: Fenner, M. (ed.): *Seeds-The Ecology of Regeneration in Plant Communities.* Oxon: Redwood Prees, 231 – 258
- Tsuguzaki, S. and Kanda, F. 1996. Revegetation patterns and seedbank structure on abandoned pastures in Northern Japan. *american Journal of Botany.* 83(11):1422 – 1428
- van der Valk, A. G. and Davis, C. B. 1978. The role of seed banks in the vegetation dynamics of prairie glacial marshes. *Ecology.* 59 (2): 322 – 335
- Vander wall, S. B. 1992. The role of animals in dispersing a “wind-dispersed” pine. *Ecology.* 73: 614 – 621
- Vander wall, S. B. 1994. Removal of wind-dispersed pine seeds by ground-foraging vertebrates. *Oikos.* 69:125 – 132
- West ,N. E. 1968. Rodent influenced establishment of ponderosa pine and bitterbrush seedlings in central Oregon. *Ecology.* 45: 1009 – 1011
- Werner, P. A. 1975. A seed trap for determining patterns of seed deposition in terrestrial plants. *Canadian Journal of Botany.* 53: 810 – 813

## THE RELATIONSHIP OF THE SOIL SEED BANK AND VEGETATION

*Wang Wei ,Ma Keping ,Gao Xianming*

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

In this paper the relationship of the soil seed bank and vegetation is reviewed, based on the analyses of the influence of the soil seed bank on vegetation, the influence of vegetation on the soil seed bank, the dynamics of the soil seed bank and vegetation during succession, the influence of different conditions and factors on the relationship of the soil seed bank and vegetation.

**Key words:** Soil seed bank, Vegetation

# 长白山西部阔叶红松林早春阶段草本植物物种多样性的研究

赵秀海<sup>1</sup> 孟庆繁 徐振帮<sup>2</sup>

(吉林林学院,吉林 132013)

(中国科学院沈阳应用生态研究所,沈阳 110015)

**摘要** 通过对长白山西部 50 年代择伐过的阔叶红松林早春阶段(4月 25~29 日)草本植物的调查,结果表明其 Shannon-Wiener 多样指数、种数及个体总数明显与坡向、坡位有关,明显呈阴坡高于阳坡、坡上低于坡下的趋势。早春草本层植物物种多样性较丰富,但要低于原始阔叶红松林,在所调查的 108 个样方中有早春草本层植物 33 种,且分布比较均匀。

**关键词** 阔叶红松林 早春 植物 物种多样性

## 1 样地概况

样地位于长白山西部红石林业局红石林场 198 林班,海拔 410~620 m,坡度 5°~30°,面积 37.1 hm<sup>2</sup>。该林班是典型的两坡夹一沟,主沟方向 190°,在主沟两侧各设 1 m×1 m 样方 54 个,分坡下、坡中和坡上均匀设置样方,其中坡上样方位于距山脊线 10 m 处,坡上、中、下间距 70~180 m,采用机械布点,沿主沟方向每隔 50 m 设置一个样方,记录样方内草本植物的种类、个体数、盖度及平均高。198 林班已于 50 年代进行过择伐,现林木组成为色 2 榆 2 榛 1 桦 1 胡 1 曲 1 杂 1 红 1。根据调查样地 1996 年生长季的特点,于 4 月 25 日~29 日进行了野外调查。

## 2 研究方法

### 2.1 多样性指数的测定

应用 Shannon-Wiener 多样性指数讨论群落的物种多样性(彭少麟等,1989)。Shannon-Wiener 多样性指数一般形式:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

式中,  $P_i = n_i / N$ ;  $N$  为所有种个体数之和;  $S$  为种数;  $n_i$  为第  $i$  种的个体数。

Shannon-Wiener 指以物种数及各个种的相对多度来反映群落的物种多样性。

### 2.2 均匀度的计算

均匀度系指样方中各个种的多度的均匀程度,即每个种个体数间的差异。其计算通常用观察多样性和最高多样性的比来表示。最高多样性为:所有种的多度都相等时,该样方的多样性。据此,导出均匀度的计算公式:

如 Shannon-Wiener 指数  $H'$  是确定的,  $S$  个种的总体中,当所有种都以相同比例  $1/S$  存在时,将有最大的多样性。因此  $H_{\max} = \ln S$ 。

于是群落的均匀度为:

$$J = H' / \ln S$$

表 1 长白山西部阔叶红松林早春草本植物物种多样性[108 (6×18)个 1 m×1 m 样方]

物种名	阴 坡								阳 坡							
	坡上		坡中		坡下			坡上		坡中		坡下				
	F'	N'	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N
白花野芝麻 <i>Lamium album</i>	8	109	16	275	14	115			12	68	11	128	61	695		
白花碎米荠 <i>Cardamine leucantha</i>	6	10	4	7	10	35	2	4	4	6	4	29	30	91		
顶冰花 <i>Gagea lutea</i>	6	80	16	520	15	878			2	34	6	42	45	1554		
三花顶冰花 <i>Gagea triflora</i>	1	7	1	42					3	203	7	252				
多被银莲花 <i>Anemone raddeana</i>	2	4	4	75	2	9			1	10	2	15	11	113		
黑水银莲花 <i>A. rosii</i>	15	250	5	14	8	117	4	108	11	172	12	103	54	764		
光果银莲花 <i>A. glabrata</i>	1	2	4	63	2	22			2	7	6	163	15	157		
毛缘苔草 <i>Carex pilosa</i>	1	1	2	9	9	32	2	5	3	13	3	20	20	80		
羊胡子苔草 <i>C. callitrichos</i>	1	95						8	46	1	15	2	11	12	167	
四花苔草 <i>C. quadriflora</i>								1	5					1	5	
侧金盏花 <i>Adonis amurensis</i>	2	12	3	3								1	3	6	18	
全缘叶延胡索 <i>Corydalis repens</i>	2	12	1	1								3	13			
东北延胡索 <i>C. ambigua</i>	5	39	14	250	12	130			10	33	15	135	56	587		
线叶延胡索 <i>C. ambigua f. cinarloba</i>			3	5	5	6			1	1	2	5	11	17		
荷青花 <i>Hylomecon vernalis</i>	2	12	11	135	10	122			1	6	3	28	27	303		
藜芦 <i>Veratrum nigrum</i>	1	1	1	1	2	8						4	10			
菟葵 <i>Eranthis stellata</i>			8	25	12	73			3	16	11	54	34	168		
北重楼 <i>Paris verticillata</i>			2	3	6	27					3	29	11	59		
草乌头 <i>Aconitum kusnezoffii</i>							1	2					1	2		
铃兰 <i>Convallaria Majalis</i>			3	14	1	10							4	24		
东北角芹 <i>Aegopodium alpestre</i>			1	3	1	5						3	4	5	12	
美汉草 <i>Meehania urticifolia</i>				1	7								1	7		
玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i>	1	2	1	6		1	2	2	9				5	19		
大叶芹 <i>Spuriopomponia brachycarpa</i>			1	3	3	12							4	15		
兴安鹿药 <i>Smilacina darurica</i>			1	20	2	8							3	28		
轮叶百合 <i>Lilium distichum</i>			1	1									1	1		
小玉竹 <i>Polygonatum humile</i>	1	3	1	1					1	1			3	5		
山韭 <i>Allium senscens</i>	8	187	6	396	6	119	3	58	15	575	16	478	54	1626		
猫眼大戟 <i>Euphorbia lunulata</i>						1	12						1	12		
芥蕙 <i>Allium victorialis</i>	1	1										1	1			
粟草 <i>Millium effusum</i>												1	1	1	1	
库页堇菜 <i>Viola saccalinensis</i>									1	3	1	3				
种数		15		26		24		7		15		18		33		
个体总数		796		1945		1812		228		970		1460		7211		
Shannon-Wiener 多样性指数		1.8371		2.1676		2.0770		1.3047		1.4537		2.1798		2.7298		
Shannon 均匀度		0.6784		0.6653		0.6537		0.6705		0.5368		0.7542		0.7807		

注:F为某坡位18个样方中某个种出现的样方数;N为某坡位某种的个体总数;F'为108个样方中某个种出现的样方数;N'为某种的个体总数

### 2.3 群落的相似性指数(SI)

群落的相似性指数用下式表示:

$$SI = \frac{2c}{a + b} \times 100\%$$

式中,  $a$  为 A 地植物种数;  $b$  为 B 地植物种数;  $c$  为 A 和 B 两地共有种数(即同时见于两地)。

## 3 结果与分析

### 3.1 早春草本植物物种多样性

由表 1 可以看出,早春草本植物随着坡向、坡位的不同差异是很大的。在 108 个样方内共有早春阶段草本植物 33 种,这与长白山原始阔叶红松林差异很大(郝占庆,1994),调查 50 个  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  样方,早春草本植物 79 种,钱宏(1992)调查 10 个  $1\text{ m} \times 2\text{ m}$  样方,则种数为 58 种。从种数、个体总数以及 Shannon 多样性指数看,都存在着坡上低于坡中和坡下、阳坡低于阴坡的现象,样地总的 Shannon-Wiener 多样性指数要高于各坡位的,这是因为多样性指数是物种数、个体总数与群落均匀度的综合反映。在 5 种个体数最多的植物中,早春植物有 3 种:顶冰花(*Gagea lutea*)、黑水银莲花(*Anemone rosii*)和东北延胡索(*Corydalis ambigua*);早春开花和早春展叶植物各一种:白花碎米荠(*Cardamine leucantha*)和山韭(*Allium senescens*)。

### 3.2 群落间相似性分析

各坡向、坡位间种群分布的均匀程度和各坡向、坡位的差异程度可以用相似性系数分析来解决。表 2 为各坡向、坡位的相似性指数。

表 2 阔叶红松林早春草本植物各坡向、坡位间相似性指数

坡向	坡位					
	Q 上阴	Q 中阴	Q 下阴	Q 上阳	Q 中阳	Q 下阳 (%)
Q 上阴	-					
Q 中阴	63.4	-				
Q 下阴	56.4	88.0	-			
Q 上阳	54.5	30.3	32.3	-		
Q 中阳	80.8	68.3	58.5	57.1	-	
Q 下阳	66.7	68.2	71.4	40.0	78.7	-

从表 2 可以看出,阳坡坡上与坡下以及阴坡的坡中、坡下相似性系数较小;阴坡坡上与阳坡坡中、阴坡坡中与阴坡坡下、阳坡坡中、阳坡坡下,阴坡坡下与阳坡坡下以及阳坡坡中与阳坡坡下,它们之间的相似性系数较高,都接近 70%,高者达 88%。由此可见,长白山西部阔叶红松林早春草本层植物中的绝大部分是分布均匀的,草本层生境差异不大,只是在局部(如靠近山脊,沟底积水附近及石塘周围)生境发生较大变化,致使草本层的种类组成和种群多度相应地发生变化,从而导致个别坡向、坡位间相似性系数较低。

## 4 结束语

长白山西部阔叶红松林早春阶段草本植物物种多样性较为丰富,但要低于原始阔叶红松林。在所调查的 108 个样方中早春阶段草本植物有 33 种。早春阶段草本植物的 Shannon-Wiener 多样性指数、种数及个体总数与坡向、坡位有很大关系,明显呈阳坡低于阴坡、坡上低于坡中、坡下的趋势。

### 参 考 文 献

- 郝占庆等. 1994. 长白山北坡阔叶红松林草本植物物种多样性及其季节动态. 生物多样性. 2 (3): 125 - 132  
钱宏等. 1992. 长白山阔叶红松林早春草本植物层的群落生态学研究. 森林生态系统研究. 6: 31 - 44  
刘琪景等. 1994. 阔叶红松林与杨桦林早春阶段草本植被几个数量特征. 森林生态系统研究. 7: 28 - 36  
彭少麟等. 1989. 广东森林群落的组成结构数量特征. 植物生态学与地植物学报. 13(1): 10 - 17  
王义弘等. 1986. 森林生态学实验实习方法. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 169 - 176

## SPECIES DIVERSITY OF EARLY SPRING HERBS IN BROAD-LEAVED KOREAN PINE FOREST IN WEST CHANGBAI MOUNTAIN

Zhao Xiuhai<sup>1</sup>, Meng Qingfan<sup>1</sup>, Xu Zhenbang<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Jilin College of Forestry, Jilin 132013)

(<sup>2</sup>Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015)

According to an investigation in early spring (25 - 29 April), the diversity of early spring herbs in broad-leaved Korean pine forest in west Changbai Mountain was found to be rich and had a great change at different slope positions. The community evenness and community similarity are also studied.

**Key words:** Broad-leaved Korean pine forest, Early spring herbs, Species diversity

# 毗邻天然林的人工林生物多样性研究<sup>\*</sup>

孟庆繁<sup>1</sup> 胡隐月<sup>1</sup> 赵秀海<sup>2</sup> 王庆贵<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 东北林业大学, 哈尔滨 150040)

(<sup>2</sup> 吉林林学院, 吉林 132011)

**摘要** 通过对比研究的方法, 考察了东北林业大学帽儿山、凉水实验林场小面积 ( $1\sim5\text{ hm}^2$ ) 红松人工林和落叶松人工林与毗邻的天然林间生物多样性的差异。结果表明人工林内植物科、种多样性和丰富度与毗邻的天然林没有显著差异; 人工林内昆虫群落、植食性昆虫和蜘蛛功能群物种多样性与毗邻的天然林无显著差异, 而捕食性昆虫和寄生性昆虫功能群物种多样性与之有显著差异, 人工林内捕食性昆虫物种多样性明显低于天然林, 寄生性昆虫物种多样性却明显高于天然林。

**关键词** 人工林 多样性 毗邻天然林

人工林生物多样性问题一直存在争论, 一些人认为人工林是生物多样性的沙漠, 是对生物多样性及其保护和维持的威胁(Rosoman, 1994; Allen, 1995), 且人工林树种往往都是侵人性强的先锋种, 它们的侵入使当地种的群落片断化或取代当地的植物种而引起物种多样性的下降(Loughlin, 1995); 但也有人从下述证据否定上述观点, 在对不列颠的人工林的研究中已注意到了树冠层的无脊椎动物既多样又丰富(Tickell, 1994), Ogle (1976) 描述了在 Coromandel 半岛沙丘上的人工林比 manuda-bracken 群落有更高的当地植物种的丰富度, 一个最好的例子是在人工林中出现了稀有种和濒危种(Johns 和 Molloy, 1983); 而持折中观点的人提出了既能提高、恢复和维持生物多样性又能不损害林业主利益的方法和途径(Spellberg 和 Sawyer, 1993), 这虽使这一矛盾的解决看到了一线曙光, 但在操作上很难。我们注意到以上的争论忽视了诸如人工林的面积、毗邻的景观、干扰等具体条件, 难以评论孰是孰非, 在此我们只探讨与天然林毗邻的小块人工林中物种多样性, 以期指导林业实践。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地区概况及数据采集

东北林业大学帽儿山实验林场, 地理坐标为  $127^{\circ}30'N\sim127^{\circ}34'E$ ,  $45^{\circ}20'N\sim45^{\circ}5'N$ , 凉水自然保护区, 地理坐标为  $120^{\circ}53'20"E$ ,  $47^{\circ}10'50"N$ , 该区典型的地带性植被为阔叶红松林。为了探讨人工林的生物多样性, 于 1993 到 1994 年分别在帽儿山和凉水的五块在天然林皆伐迹地上或林间退耕地上人工更新起来的落叶松、红松纯林及与这些人工林毗邻的五块天然林内设 10 块样地, 样地面积为  $20\text{ m}\times20\text{ m}$ , 每年分别在春末夏初(5 月下旬~6 月上旬)和夏末秋初(8 月下旬~9 月上旬)各调查一次。植物群落采用常规的野外植被生态学调查方法, 昆虫群落采用网捕和灯诱方法调查, 环境因子计测海拔、坡向、坡度、坡位、土层厚及含水率等。样地情况见表 1。

## 1.2 数据分析

多样性指数采用 Shannon-Wiener 信息多样性指数  $H'$

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

其中  $p_i$  为第  $i$  个成分所占比例

Simpson 多样性指数的倒数  $N$

$$N = 1 / \sum p_i^2$$

物种丰富度指数  $N_0$ , 即物种总数

Pielou 均匀度指数  $E_1$

$$E_1 = H' / H'_{\max}$$

表 1 各样地自然概况

起序 源号	森林群落类型	林木组成	郁闭度	海拔(m)	坡向方 位角°)	面积 (hm <sup>2</sup> )	位置关系
人 1	老爷岭落叶松	10 落	0.7	430	300	0.8	毗邻 6 号群落
2	老爷岭红松林	10 红	0.85	400	310	1.0	毗邻 7 号群落
工 3	帽儿山落叶松林	10 落	0.85	340	290	4.5	毗邻 8 号群落
4	凉水红松林	10 红	0.85	330	330	1.7	毗邻 9 号群落
林 5	凉水落叶松林	10 落	0.8	340	270	2.2	毗邻 10 号群落
天 6	老爷岭硬阔叶林	4 榆 3 水 3 槭	0.7	430	270	-	毗邻 1 号群落
7	老爷岭杂木林	9 榆 1 榆	0.75	440	220	-	毗邻 2 号群落
然 8	帽儿山杂木林	7 榆 1 花曲柳	0.85	360	283	-	毗邻 3 号群落
9	枫桦红松林	7 红 3 槭	0.6	410	280	-	毗邻 4 号群落
林 10	椴树红松林	8 红 1 榆 1 榆	0.75	380	200	-	毗邻 5 号群落

## 2 结果与分析

### 2.1 人工林植物物种、科组成及多样性

各人工林植物物种、科的多样性见表 2。

#### 2.1.1 人工林植物物种的多样性

由表 1 可以看出,五块人工林的物种丰富度以凉水落叶松人工林为最高,以老爷岭红松人工林为最低,这部分是由于凉水落叶松人工林林龄较大,且经过多次抚育间伐,郁闭度相对较小,毗邻天然林中草本层物种大量侵入,故而物种丰富度最高;而老爷岭红松人工林林龄较小,枯落针叶层较厚,物种侵入困难,故其物种丰富度为最低。从总体上看,凉水人工林物种丰富度均高于帽儿山、老爷岭人工林,这是由于凉水人工林面积小且凉水人工林起源于皆伐迹地、有丰富的种子库和芽库,故而比起源于退耕地和撂荒地的帽儿山人工林具有较高的物种丰富度。物种多样性指数的变化趋势与丰富度指数的变化趋势大致相同。

#### 2.1.2 人工林植物科的组成及多样性

表 1 的数据也表明,各人工林科的组成差异亦十分明显,科的丰富度与物种丰富度变化趋势一致,科的多样性指数变化与物种多样性变化的趋势一致。

#### 2.1.3 人工林与毗邻天然林植物物种、科组成比较

从表 1 看,人工林平均物种丰富度及平均多样性指数分别为 79.4 和 2.924,科的平均丰富度指数及平均多样性指数分别为 31.2 和 2.538;而天然林平均物种丰富度和平均多样性指

数分别为 70 和 3.13, 科的平均丰富度指数及平均多样性指数分别为 34 和 2.52。人工林和天然林平均物种丰富度指数差异显著性检验结果为差异不显著 ( $t = 1.021 < t_{0.05}(8) = 2.306$ ) ; 平均物种多样性指数差异显著性检验结果为差异不显著 ( $t = 1.12 < t_{0.05}(8) = 2.306$ ) ; 科的平均丰富度指数差异显著性检验结果为差异不显著 ( $t = 1.428 < t_{0.05}(8) = 2.306$ ) ; 科的平均多样性指数差异显著性检验结果也为差异不显著 ( $t = 0.724 < t_{0.05}(8) = 2.306$ ) 。虽然各人工林与毗邻的天然林的物种、科多样性从总体上无显著差异, 但个体上表现不一, 老爷岭红松人工林与毗邻的老爷岭杂木林物种、科丰富度差异最大, 分别相差 43 种和 10 科; 而帽儿山落叶松人工林与毗邻的帽儿山杂木林相差最小, 分别相差 18 种和科数相同。

表 2 各人工林和天然林群落植物物种、科多样性表

样地号	物种阶元				科阶元			
	丰富度	多样性	均匀度		丰富度	多样性	均匀度	
No	NO	N	H'	E1	NO	N	H'	E1
1	84	0.12	3.00	0.68	28	0.23	2.13	0.63
2	51	0.18	2.33	0.59	25	0.22	1.85	0.57
3	74	0.13	2.84	0.66	33	0.18	2.24	0.64
4	92	0.09	3.28	0.73	35	0.06	3.01	0.84
5	96	0.09	3.17	0.69	35	0.12	2.56	0.72
6	70	0.07	3.10	0.72	36	0.10	2.57	0.72
7	94	0.05	3.51	0.77	35	0.08	2.83	0.79
8	56	0.08	3.06	0.76	33	0.23	2.26	0.65
9	67	0.12	2.76	0.66	35	0.13	2.44	0.69
10	63	0.08	3.22	0.76	31	0.15	2.51	0.73

表 3 人工林、天然林昆虫物种多样性的比较

群落号	植食昆虫多样性	捕食昆虫多样性	寄生昆虫多样性	蜘蛛多样性	总物种多样性
	H'z	H'p	H'j	H'sp	H't
1	2.994	1.087	1.728	1.694	3.576
2	1.846	1.211	1.765	1.530	2.958
3	2.765	1.614	2.450	1.424	3.215
4	2.865	0.821	2.793	2.587	3.691
5	3.012	0.772	2.652	2.524	3.723
6	3.299	1.729	1.624	1.610	3.638
7	2.650	1.180	2.013	1.750	3.456
8	2.371	1.867	1.450	1.225	2.819
9	1.995	1.384	1.003	2.023	3.476
10	2.580	1.735	1.595	2.094	3.590

## 2.2 人工林与毗邻的天然林昆虫群落各功能群物种多样性比较

从表 3 看, 各人工林中植食性昆虫功能群与昆虫群落物种多样性以凉水落叶松林为最高, 以老爷岭红松林为最低, 这和植物物种多样性表现一致; 捕食昆虫功能群物种多样性以帽儿山落叶松林为最高, 凉水落叶松林为最低; 寄生昆虫功能群物种多样性以凉水红松林为最高, 老爷岭落叶松林为最低; 捕食性节肢动物蜘蛛物种多样性以凉水红松林为最高, 帽儿山落叶松林为最低。

从表 3 还可看出, 人工林与毗邻的天然林昆虫群落平均物种多样性指数分别为 3.426 和 3.396, 昆虫群落平均物种多样性指数差异显著性检验结果为差异不显著 ( $t = 0.165 < t_{0.05}(8) = 2.306$ ) ; 人工林与毗邻的天然林植食性昆虫物种平均多样性指数分别为 2.696 和

2.579, 平均物种多样性指数差异显著性检验为差异不显著 ( $t = 0.43 < t_{0.05}(8) = 2.306$ ) ; 捕食性昆虫功能群平均物种多样性指数分别为 1.101 和 1.579, 平均多样性指数差异显著性检验为差异显著 ( $t = 2.694 > t_{0.05}(8) = 2.306$ ), 表明人工林中捕食性昆虫功能群物种多样性显著低于天然林; 寄生性昆虫功能群平均物种多样性指数分别为 2.146 和 1.537, 平均多样性指数差异显著性检验为差异显著 ( $t = 3 > t_{0.05}(8) = 2.306$ ), 表明人工林中寄生性昆虫物种多样性明显高于天然林, 这是因为在人工林与毗邻的天然林植物物种多样性无显著差异的情况下, 人工林草本层多样性比毗邻的天然林更大, 且寄生性昆虫与草本多样性呈正相关 (孟庆繁, 1996; 高保嘉, 1992); 人工林与毗邻天然林节肢动物蜘蛛平均物种多样性分别为 1.952 和 1.74, 平均数差异显著性检验为差异不显著 ( $t = 0.83 < t_{0.05}(8) = 2.306$ )。

### 3 小结

上述分析结果表明小面积人工林内的植物科、种多样性和丰富度及昆虫群落多样性与毗邻的天然林没有显著的差异, 但昆虫群落各功能群的物种多样性表现不一, 人工林与毗邻的天然林中植食性昆虫和蜘蛛功能群物种多样性差异不显著, 但捕食性昆虫和寄生性昆虫功能群物种多样性差异显著, 人工林内捕食昆虫物种多样性明显小于天然林, 而人工林内寄生昆虫物种多样性却明显大于天然林。可以认为在天然林区通过合理安排小面积块状皆伐 ( $> 5 \text{ hm}^2$ ), 营造人工纯林并使之和保留下来的天然林形成块状镶嵌格局, 这对当地物种多样性的保护、避免大面积人工林虫害暴发、方便造林、木材生产作业及提高木材产量都是有益的和可行的。

### 参 考 文 献

- 高保嘉. 1992. 封山育林对昆虫群落结构及多样性稳定性影响的研究. 生态学报. 12(1):1-7  
 Allen, R. B. et al. 1995. Biodiversity in New Zealand plantation. N. Z. Forestry Feb. 26-29  
 Ogle, C. 1976. The effects of pines on the diversity of indigenous species. Wellington Botanical Society Bulletin. 39:22-29  
 Rosoman, G. 1994. The plantation effect. Greenpeace New Zealand. 48  
 Tickell, O. 1994. Conifer forests are not the 'deserts' they seem. New Scientist. 144:16

## STUDY ON BIODIVERSITY OF PLANTATIONS ADJACENT TO NATURAL FORESTS

Meng Qingfan<sup>1</sup>, Hu Yinyue<sup>1</sup>, Zhao Xiupei<sup>2</sup>, Wang Qinggui<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Northeast Forestry University, Harbin 150040)

(<sup>2</sup>Jilin Forestry College, Jilin 132011)

Using comparative method, the difference of biodiversity between plantations and adjacent natural forests is studied in Liangshui and Maoershan experiment forest farms of Northeast Forestry University. The results are as follows: the difference of plant family and species diversity between the plantations and their adjacent natural forests is not significant; the difference of species diversity of total insect communities, herbivorous insects and spider function groups between the plantations and the adjacent natural forests is also not significant. However, the species diversity of predatory and parasitic insect function group shows significant difference. The diversity of predatory insect function group in plantation is significantly lower than that in natural

forests, and the diversity of parasitic insect group in plantation is significantly higher than that in natural forests.

**Key words:** Plantation, Diversity, Adjacent natural forest

## 河南省连康山自然保护区植被类型的研究

高贤明<sup>1</sup> 王巍<sup>1</sup> 华日刚<sup>2</sup> 黄远超<sup>2</sup> 欧阳彦如<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

(<sup>2</sup> 河南省新县林场, 新县 465550)

**摘要** 连康山自然保护区位于鄂豫皖边界大别山的北麓, 属北亚热带向暖温带过渡的气候带, 因而植物种类丰富, 植被类型复杂, 具有较高的物种多样性。但受人类活动的影响, 植被退化现象严重。通过对保护区内的植被类型进行了划分和调查, 基本摸清了连康山自然保护区植被类型和植物种类的本底, 为进一步研究本区生态系统及其群落物种多样性奠定了基础。

**关键词** 大别山 连康山自然保护区 植被 生物多样性

### 1 自然环境概况

大别山蜿蜒于鄂豫皖三省边界, 是我国北亚热带北部边缘的著名的山脉。连康山自然保护区位于河南省新县境内的大别山北麓, 地理位置为  $31^{\circ}36'11'' \sim 31^{\circ}41'13''N$ ,  $114^{\circ}45'06'' \sim 114^{\circ}48'45''E$ , 面积约  $2020\text{ hm}^2$ 。其前身是新县林场的一个营林区—老庙林区, 1986 年经河南省人民政府批准建立连康山省级自然保护区(河南省林业厅自然保护区管理站, 1990)。

保护区海拔高度范围在  $300 \sim 600\text{ m}$  之间, 属低山山地, 主要高峰扯旗尖、大风尖、迎风尖、连堂山、金兰山等均在海拔  $600\text{ m}$  上下。山的中下部陡峻, 坡度多为  $30 \sim 40^{\circ}$ , 上部较平缓, 一般在  $15^{\circ}$  左右。本区沟溪发达, 主要河流连康河自北向南贯穿全区。由于山峦重叠, 连绵起伏, 沟壑纵横, 从而构成了本区险峻奇特的地貌特征。成土母质主要为花岗岩以及少量的片麻岩、石灰岩等。

山地土壤为地域性黄棕壤类, 母岩主要是花岗岩和少量的石灰岩, 土层较厚, 一般  $20\text{ cm}$  左右, 表层土因腐殖质含量较高而色泽较深, 肥力较好; 均呈酸性反应, pH 值在  $5 \sim 6.5$  之间。在陡峻的山坡及植被破坏严重的地段, 土壤流失现象普遍。

大别山区处于北亚热带湿润区, 属亚热带季风气候, 冬季寒冷干燥, 夏季温热多雨, 四季分明。据河南省新县气象观测站(新集镇, 距保护区  $15\text{ km}$ )观测资料统计, 全县年平均气温  $15.2^{\circ}\text{C}$ , 1 月份平均气温  $2.0^{\circ}\text{C}$ , 7 月份平均气温  $27.6^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-17.3^{\circ}\text{C}$ , 极端最高气温  $43.5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  以上的年积温为  $4822.6^{\circ}\text{C}$ ; 年降水量  $1248\text{ mm}$ , 多集中在生长季节; 年蒸发量  $1479\text{ mm}$ , 空气相对湿度  $76\%$ , 生长季节由于降水量增加而提高, 空气相对湿度达  $85\%$  以上; 年日照时数  $2028\text{ h}$ , 占全年可照时数的  $46\%$ ; 无霜期  $222\text{ d}$ 。丰富的水热资源与多变的地形结合, 构成了各种不同的生态小环境, 为南北植物在本区的交汇分布提供了物质条件。因此, 本区植物种类丰富, 仅木本植物就有 78 科, 195 属, 437 种及变种(高贤明等, 1993)。

### 2 主要植被类型

由于地形、气候、土壤、小生境及人类活动的综合影响, 导致了植被类型的多样化。连康山自然保护区在近代曾遭受的历次人类活动的强烈影响,  $30 \sim 40$  年代末期的战争,  $50 \sim 60$  年代

初期以及“文革”期间的乱砍滥伐,原有的常绿阔叶林已不复存在,原有的马尾松林也消耗殆尽,取而代之的是已萌生更新为主含有落叶成分的常绿阔叶混交林或含有常绿成分的落叶混交林,人工针叶林以及一些次生灌丛等。通过调查,根据群落植物种类组成、结构、外貌等特征,将连康山的植被分成常绿阔叶林、落叶阔叶林、人工针叶林、灌丛、竹林和经济林等几个类型。

## 2.1 常绿阔叶林

本区是亚热带的北部边缘,也是常绿阔叶林分布的北缘,常绿树种主要有冬青(*Ilex purpurea*)、大叶冬青(*I. latifolia*)、青冈栎(*Cyclobalonopsis glauca*)、青栲(*C. myrsinaefolia*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)、湘楠(*Phoebe hunanensis*)、楠木(*Ph. zhennan*)、大叶楠(*Machilus ichangensis*)、天竺桂(*Cinnamomum japonicum*)、红茴香(*Illicium henryi*)、豺皮樟(*Litsea coreana* var. *sinensis*)、山矾(*Symplocos caudata*)等。但除冬青能够成为群落优势种外,其他树种仅散布于个有关群落类型中,红茴香有时沿沟溪两旁分布较多。

冬青林在保护区内的任洼一带分布十分普遍,以坡向南或偏南,坡度较缓,土层很薄,基岩裸露的山坡下部分布较多,树龄约20年左右,显然是恢复不久的中幼林,林下枯枝落叶较厚,表层土色泽深重,富含有机质。乔木层树种冬青占有绝对优势,郁闭度0.9以上,覆盖度几为100%,层高度7.5 m,平均胸径10 cm,最大植株高度达13 m,胸径17.3 cm。林中混生的落叶树种不多,偶尔可见落叶栎类和枫香(*Liquidambar formosana*)等,上部地带有少量的化香(*Platycarya strobilacea*),下部靠近沟溪旁则有枫杨(*Pterocarya stenoptera*)等。由于乔木层覆盖度大,灌木层的覆盖度仅有5%左右,种类也只有櫟木(*Loropetalum chinense*)、悬钩子(*Rubus* spp.)等,且生长不良。草本层的覆盖度也仅有10%左右,种类不多,主要有一些喜荫和耐荫的种类,如紫菀(*Aster* spp.)、苔草(*Carex* spp.)、天门冬(*Asparagus cochinchinensis*)、茜草(*Rubia cordifolia*)等。

## 2.2 落叶阔叶林

由于近代人类活动的影响,连康山自然保护区主要以次生植被为主,而次生植被的主要类型又是落叶阔叶林,或含有常绿成分的落叶阔叶林。因此,落叶阔叶林的分布范围广,类型较多,植物种类组成复杂。

### 2.2.1 栾树(*Koelreuteria paniculata*)林

群落建群种为栾树,主要伴生种有黄连木(*Pistacia chinensis*)。乔木层覆盖度约80%左右,层高度10.5 m,平均胸径8.4 cm,树龄约20年。其他伴生种还有青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)、多花泡花树(*Meliosma myriantha*)、枫香、麻栎(*Quercus acutissima*)等。灌木层覆盖度70%左右,高度约1.2 m,种类较多,常见的有:绿叶胡枝子(*Lespedeza buergeri*)、短柄枹(*Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata*)、粗榧(*Cephalotaxus sinensis*)、薄叶鼠李(*Rhamnus leptophylla*)、悬钩子、卫矛(*Euonymus* spp.)等。草本层覆盖度30%左右,主要种类有鹅观草(*Roegneria kamoji*)、京大戟(*Euphorbia pekinensis*)、茜草等。层外植物也较多,有络石(*Trachelospermum jasminoides*)、三叶木通(*Akebia trifoliata*)、菝葜(*Smilax* spp.)、绿叶爬山虎(*Parthenocissus laetivirens*)、爬行卫矛(*Euonymus fortunei* var. *radicans*)等。

### 2.2.2 栾树、青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)混交林

青檀喜水湿,所以在沟溪两旁分布较多,并向在山坡上分布的栾树林中渗透,形成混交林。这类群落结构复杂,层次分明,其中,乔木层覆盖度85%左右,从山坡中下部至底部,建群种栾

树的数量逐渐减少,而青檀数量逐渐增多,但就整个群落而言,柰树始终占有较大的优势,与青檀的混交比约为1.4:1上下。层平均高度9m,平均胸径9.7cm。主要伴生种有黄连木、枫香、朴树(*Celtis sinensis*)等。灌木层覆盖度为80%,高度0.85m,种类有山胡椒(*Lindera glauca*)、粗榧、葎木、绿叶胡枝子、六道木(*Abelia biflora*)等。草本层覆盖度30%左右,常见种有京大戟、茜草、紫菀(*Aster tataricus*)和华中铁角蕨(*Asplenium sarelii*)等。层外植物有络石、毛葡萄(*Vitis pentagona*)、爬行卫矛、三叶木通等。

### 2.2.3 黄连木(*Pistacia chinensis*)林

黄连木林通常分布在山坡的中部,大约海拔400m左右。群落乔木层覆盖度85%以上,层高度7.7m,平均胸径8.2cm。伴生种较多,有青檀、白栎、柰树、山合欢(*Albizia macrophylla*)等,但数量不多。灌木层覆盖度约50%,高度1.5m,种类很多,主要有棣棠(*Kerria japonica*)、牛鼻栓(*Fortunearia sinensis*)、山胡椒、小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)、白鹃梅(*Exocorda racemosa*)、省沽油(*Staphlea bumalda*)、绿叶胡枝子、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)、卫矛(*Euonymus alatus*)、薄叶鼠李、竹叶椒(*Zanthoxylum armatum*)等。草本层种类较少,野芝麻(*Boehmeria nivea*)、鹅观草、紫菀等,层覆盖度也仅有30%左右。层外植物有中华猕猴桃(*Actinidia chinensis*)和三叶木通等。

### 2.2.4 香果树(*Emmenopterys henryi*)林

香果树是国家二级重点保护植物,也是珍贵的用材树种,在本区它一般分布于水热条件较优越,土层深厚肥沃、坡度较缓的山谷,但多为散生或数株聚生,较少构成群落的优势种,形成小面积香果树群落。乔木层覆盖度80%左右,平均高度约9m,平均胸径18.4cm。伴生种有青檀、枫香、红茴香等。灌木层覆盖度约60%,高度1.2m,种类有楤木(*Aralia chinensis*)、华空木(*Stephanandra chinensis*)、小叶女贞、崖花海桐(*Pittosporum glabratum*)、省沽油、老鸦糊(*Callicarpa giraldii*)、山莓(*Rubus corchorifolius*)、溲疏(*Deutzia scabra*)、六道木等。草本层覆盖度较小,只有20%,主要是一些喜荫湿的种类,如紫菀、天名精(*Carpesium abrotanoides*)、林荫蒿(*Artemisia sylvestris*)等。层外植物不多,有三叶木通、菝葜等。香果树常遭盗伐,因此林下萌生更新苗较多。

## 2.3 灌丛

由于本区海拔高度较低,所以几乎没有原生的灌丛类型。次生灌丛类型也不多,多分布在人为活动频繁且立地条件较差的山脊和山顶处,由于水分条件差,土壤瘠薄或流失严重,群落恢复比较困难,或由一些萌生能力强的乔木树种萌生更新所构成的萌生丛。后者通常在群落中保留有少量高大的乔木树种,这里称之为稀树灌丛。

### 2.3.1 稀树灌丛

很显然,这是森林被破坏后残存的植被类型。乔木层十分稀疏,覆盖度不足10%,但树高一般均超过10m,胸径30~50cm或更大,种类较杂,速生树种有枫香、山合欢等,生长较慢的较多,都是珍贵的用材树,如黄连木、麻栎(*Quercus acutissima*)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、大叶榉、青冈栎等。调查结果显示,这些树种之所以能够得以保留,是由于当地群众视其为风水树而自发地对它们加以保护的结果。灌木层覆盖度50%~70%,种类既有一些常见的灌木,如胡枝子、山胡椒、榧木、盐肤木(*Rhus chinensis*)、枹木、莢蒾(*Viburnum dilatatum*)、胡颓子、蔷薇、悬钩子、枸骨(*Ilex crenata*)、竹叶椒、八角枫(*Alangium spp.*)、牛鼻栓等,也有因反复砍伐而形成灌丛状的落叶栎类,如短柄枹等。草本层比较稀疏,种类有黄背草

(*Themada triandra* var. *japonica*)、鸡眼草 (*Kummerowia striata*)、鹅观草、茵陈蒿 (*Artemisia capillaris*)、芒萁 (*Dicranopteris dichotoma*) 等。层外植物主要以铁线莲 (*Clematis* spp.)、络石为主。

### 2.3.2 木灌丛

木灌丛常分布于沟溪两旁,灌木层高度可达 2 m 甚至更高,在人烟罕至的沟溪旁,櫟木有时可以发育成小乔木或乔木。伴生种有卫矛、崖花海桐、紫金牛 (*Ardisia japonica*)、吊石苣苔 (*Lisionotus pauciflorus*)、流苏树 (*Chiosanthus retusa*)、棣棠、华空木、钓樟 (*Lindera reflexa*)、柃木 (*Eurya brevistyla*)、杨桐 (*Adinandra japonica*)、青皮木 (*Schoepfia jasminoides*)、省沽油、六道木等。层盖度 70% 以上。草本层种类稀少,有白芨 (*Bletilla striata*)、凤仙花 (*Impatiens* sp.)、瓜子金 (*Polygala sibirica*) 等。常见的层外植物有爬行卫矛、三叶木通和铁线莲。

### 2.3.3 悬钩子灌丛

悬钩子灌丛主要分布在立地条件很差的山顶及山脊处,由于水土流失而造成土层瘠薄,基岩裸露,土壤含水量低。它通常是由黄山松 (*Pinus taiwanensis*) 林被砍伐后而形成的。群落优势种是山莓和插田泡 (*Rubus coreanus*) 等悬钩子属和湖北蔷薇等蔷薇属的灌木种类,此外,还有少量的胡枝子、白鹃梅、映山红 (*Rhododendron simsii*) 和闹羊花 (*Rh. molle*) 等,层高度仅 80 cm 左右。草本植物只有黄背草、鸡眼草等,层盖度不足 10%。几乎没有层外植物。

### 2.3.4 阔叶箬竹 (*Indocalamus latifolia*) 丛

阔叶箬竹的地下茎为丛生型,因此,竹丛呈小片状分布,一般位于山坡的下部及田边路旁,层高度 60~100 cm,覆盖度 90% 以上。竹丛由于竹竿密集,所以很少有伴生种,但在竹丛的边缘仍有少量的灌木,如雀儿舌头 (*Leptopus chinensis*)、山豆花 (*Lespedeza tomentosa*) 等。

## 2.4 针叶林

本区人工林一般均为针叶林,主要树种有马尾松 (*Pinus massoniana*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、黄山松、柳杉 (*Cryptomeria fortunei*)。其中杉木人工林面积最大;马尾松和黄山松林在本区均有分布,但目前天然林已支离破碎,面目全非。马尾松与黄山松是垂直分布的地理替代种,在本区,它们互相替代的垂直高度大约在海拔 300 m 左右。

### 2.4.1 杉木人工林

大别山一带已是杉木分布的北界,杉木在本区无论是生长速度还是高度方面都远远比不上杉木的中心产区亚热带中部及南部。但与其他树种相比,杉木仍是这里的速生用材树种而深受群众喜爱。调查结果表明,选择山坡的中下部,海拔 250~430 m,土壤深厚肥沃、湿润而又排水良好的立地条件营造杉木林是比较成功的。发育良好的杉木人工林乔木层覆盖度达 95%,层高度 20 年生约 12 m,胸径 20 cm 左右。灌木层覆盖度较低,一般仅 20% 左右,但种类较多,有櫟木、山莓、野桐 (*Mallotus japonicus*)、胡颓子等,但它们多在林缘分布,林下由于杉木难以分解的枯枝落叶层的覆盖而很少有草本植物分布,只有茜草等偶见于林下。

### 2.4.2 马尾松林

目前残存的马尾松林主要是分布在山坡的中部,由于立地条件很差,土壤干旱瘠薄,马尾松生长缓慢,干形扭曲。乔木层覆盖度 50%~85% 不等,高度 8 m 左右,平均胸径 12.8 cm。伴生种主要有枫香、山合欢等喜光树种。灌木层覆盖度 50% 上下,高度 1 m,连蕊茶 (*Camellia cuspidata*)、有棘木、胡枝子、茶条槭 (*Acer ginnala*) 和五加 (*Acanthopanax gracilistylus*)

等。草本层覆盖度亦很低,种类除茜草外尚有香附子(*Cyperus rotundus*)等。层外植物有五味子(*Schisandra chinensis*)和三叶木通等。

#### 2.4.3 黄山松林

黄山松多分布在山坡上部至山脊或山顶,受长期山地地形风的影响,黄山松大多偏冠严重,树干扭曲。和本区其它植被类型形成鲜明对照的是黄山松林树龄较大,约100年以上,但乔木层高度却不足10m,层覆盖度50~95%,平均胸径50cm以上。灌木层主要由胡枝子、山莓、插田泡、白棠子树(*Callicarpa dichotoma*)、连翘(*Forsythia suspensa*)等组成,覆盖度30%~45%,高度50~80cm。草本层种类稀少,有白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、惠兰(*Cymbidium faberi*)和芒萁。

#### 2.4.4 柳杉人工林

柳杉人工林在本区面积不大,仅在大松毛冲和郑沟海拔350~500m的山坡下部和山谷的中上部缓坡有造林地。由于立地条件良好,柳杉生长较快,干形圆满。不过,柳杉和杉木一样,本区已是其分布的北部边缘,所以在高度和生长速度方面与柳杉中心产区仍有很大的差距。乔木层覆盖度可达100%,15年齡的柳杉林平均高度8.5m,平均胸径12cm。由于乔木层的覆盖度大,林下枯枝落叶厚而又难以分解,所以灌木层和草本层种类十分稀少,覆盖度均不超过10%,常见的灌木有白鹃梅和胡枝子,草本植物有苔草和凤丫蕨(*Coniogramme japonica*)。

### 2.5 竹林

#### 2.5.1 桂竹(*Phyllostachys bambusoides*)林

桂竹是本区自然分布的唯一乔木型竹类,一般在山坡的下部平坦处、沟溪两旁的立地条件较好,土壤肥沃湿润而又排水良好的小环境中形成茂密的竹林。乔木层覆盖度80%,高度6m,平均胸径2cm,最大胸径达3cm左右。林下仅零星地分布着雀儿舌头、紫金牛等小灌木。草本层主要是苔藓类和蕨类,透骨草(*Phryma leptostachys*)和半夏(*Pinellia pedatisecta*)偶见于林中。

#### 2.5.2 毛竹(*Ph. pubescens*)人工林

毛竹是南竹北移在本区实验栽培并获得成功的竹类。为了提高毛竹的抗异性,母竹采用的是毛竹实生苗。经过10多年的生长发育,毛竹林乔木层覆盖度已达到80%以上,高度达10m,平均胸径6cm。灌木层覆盖度不及30%,种类有梾木、湖北蔷薇和雀儿舌头等;草本层由林荫蒿、透骨草等组成;层外植物主要有五味子。

### 2.6 经济林

本区经济树种有茶(*Camellia sinensis*)、油茶(*C. olifera*)、板栗(*Castanea mollissima*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)等,但大多呈野生状态,缺乏必要的引种栽培和抚育管理,仅有小面积茶园和板栗园管理较好。

## 3 意见与建议

连康山自然保护区原生植被为常绿阔叶林,在地理位置上,本区处于亚热带的北部边缘,也是常绿阔叶林分布地带的北缘,因此,原生植被遭到破坏后很难恢复原貌。综上所述,连康山自然保护区的植被在本世纪频繁的人为活动影响下,植被退化现象严重,导致了植被类型的多样化,一些原来组成森林的樟科和壳斗科常绿树种已经在本区绝迹或由于母株个体太少、不能产生正常的后代而逐步绝迹。自然保护区建立10多年来已为本区现有植被类型和环境条

件进行了大量的调查工作,并针对现有的资源和条件采取了多种途径开展生物多样性保育,取得了一定成绩。结合本次初步调查结果和保护区目前存在的问题,提出以下几点意见和建议,以期有益于保护区各项工作的顺利开展。

1. 生物多样性是地球上生命有机体经过近40亿年发展进化的结果,是人类赖以生存和发展的物质基础(陈灵芝,1993)。连康山自然保护区地理位置特殊,植被类型具有南部过渡的特点,是从事亚热带向暖温带过渡地区植被和群落多样性研究的关键地区之一,保护区主管部门应与有关科研教学单位密切配合,进行过渡地带生物多样性保育和生物多样性各种梯度特征的研究,揭示生物多样性的形成和维持机制,为退化生态系统的恢复和重建提供科学的依据。

2. 保护和合理利用相结合,开展珍稀濒危动植物的就地保护和迁地保护工作。连康山自然保护区保存了较多的珍稀濒危动植物,尤其是珍稀濒危植物。当前我国自然保护区普遍面临着经费不足、保护工作难以开展的局面,如何在保护的基础上进行合理的开发利用,是解决这一难题的重要途径之一。珍稀濒危植物本身一般都具有较高的经济价值,正是由于这种价值才给它们带来了灭顶之灾(高贤明和史淑兰,1995;高贤明等,1995)。保护的最终目的就在于合理利用。保护区应充分利用土地、物种和人才资源的优势,在保护区的缓冲区或实验区进行珍稀濒危植物的就地和迁地保护的同时生产花卉苗木、绿色食品和各种工业原材料等,满足市场需要。

3. 扩大保护区的面积,进行退化生态系统的重建和恢复对比实验。由于经费等问题,连康山自然保护区面积偏小,仅2020 hm<sup>2</sup>,难以有效地保护生态系统的完整性和物种生殖繁衍所必需的空间,并给保护区结合保护开展必要的研究工作带来了不便,也给保护措施和手段的实施增添了难度。

4. 设置固定样地,对各种植被类型的演替动态及其演替过程中的物种多样性变化趋势进行长期的观测研究,借以揭示退化生态系统在恢复的过程中种类组成、结构、外貌和功能的变化规律。受近代人类活动的影响,连康山自然保护区现有植被类型几乎全部为恢复的次生群落,主要建群种树龄15~25年,因此,目前本区群落正处于演替旺盛时期,是研究次生林动态的最佳时机,建立固定样地,收集保护区植被变化全面翔实的信息资料,将有助于本区生物多样性研究、保护和持续利用工作的深入进行,并为其他保护区类似工作的开展提供模式。

#### 参 考 文 献

- 陈灵芝主编.1993.中国的生物多样性—现状及保护对策.北京:科学出版社,1~4  
高贤明,史淑兰.1995.河南省珍稀濒危植物观赏特性的评价.武汉植物学研究.13(1): 81~94  
高贤明等.1995.老界岭自然保护区珍稀濒危植物资源及其开发利用途径的研究.河南农业大学学报.29(1): 41~49  
高贤明等.1993.河南省连康山自然保护区木本植物的研究.河南科学.11(4): 309~314  
河南省林业厅自然保护区管理站.1990.河南省自然保护区.郑州:河南科学技术出版社,63~66

## A STUDY ON THE VEGETATION TYPES OF THE LIANKANGSHAN NATURE RESERVE, HENAN PROVINCE

Gao Xianming<sup>1</sup>, Wang Wei<sup>1</sup>, Hua Rigang<sup>2</sup>, Huang Yuanchao<sup>2</sup>, Ouyang Yanru<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

(<sup>2</sup>Xinxian Forest Farm of Henan Province, Xinxian, 465550)

The Liankangshan Nature Reserve at the northern foot of the Dabieshan Mountains is situated in the border region of Hubei, Henan and Anhui provinces. In climate, this area is within the transitional zone from the subtropical one to the warm temperate one, so the vegetation types are quite diversified and the species diversity is very high. Owing to the human disturbance, however, the vegetation in this area has seriously degraded. Based on an investigation and classification of the vegetation types, the present situation and the species composition of the vegetation in this nature reserve have been basically known, which lays a solid foundation for the further research on its ecosystem and species diversity.

**Key words:** Dabieshan Mountains, Liankangshan Nature Reserve, Vegetation, Biodiversity

# 片断化生境的特点及对生态系统过程的影响

桑卫国 马克平 郑豫

(中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** 本文讨论了生境片断化后生态系统功能过程变化特点和与生物多样性减少的关系,重点分析了片断化生境中的水分和养分循环、太阳辐射及风动力特点的变化规律,指出片断化生境明显不利于原生植被上物种生存,容易引起局部绝灭以至于完全丧失。文中还论述了片断化生境的拓扑结构特点,以及片断化后生境斑块大小、形状和间距等变化特点和对生物多样性的影响,认为实践中这些特性进行组合,相互作用,综合起来影响生态系统功能过程和物种多样性。最后指出生境片断化研究应采取综合和系统的方法。

**关键词** 生境片断化 生物多样性 生态系统功能 拓扑结构

## 1 引言

随着人口激增和科学技术的飞速发展,人类活动范围更加广泛、频度加快,地球上受人类影响的自然生境规模加大、程度加深,引起了人口、资源和环境的危机,这种危机的一个主要表现就是生境片断化。

生境片断化又称生境破碎化,是指由于人类活动对自然生境的影响而使原来连续有序的生态系统或景观转变为杂乱、间断生境斑块的过程,通过这个过程形成的间断的或者部分连接的斑块称为生境片断。Wilcove等(1986)认为生境的片断化指一个面积大而连续的生境如何缩小并分割为二个或更多个小块的过程。尽管这两个定义有一定的差异,但它们的实际内容相近,都指大面积的原始生境变为小面积碎块的过程。不同类型生态系统其片断化形成的原因机制不同:草原生态系统的片断化主要是由于过度放牧、农田开垦和人类居住地的入侵等形成的;森林生态系统片断化是由于大面积森林被皆伐、毁林开荒以及人类居住等引起的;水体生态系统片断化是由于水体工程建设、滥捕滥捞和水体严重污染所致。

国内外开展过几个规模较大的项目来开展生境片断化对生物多样性影响的研究。这些研究源自于人们对岛屿与生物多样性关系的密切关注,MacArthur 和 Wilson(1963,1967)根据这种关系研究结果创立了岛屿生物地理学理论。此后,人们根据这个理论开始研究生态系统片断化问题。1980年,在巴西亚马逊河流域马瑙斯热带雨林中开展了“生态系统最小面积”项目(Saundern,1989)。后来,由于该项目的“最小临界面积”假设受到批判,项目名称改为“片断森林与生物多样性动态观测”。该项目对热带雨林中的主要生物类群,植物(乔木、灌木、草本)和动物(鸟类以及其他脊椎动物和无脊椎动物类群)等进行了研究,取得了大量的研究结果。1984年在澳大利亚西部小麦种植带上开展了一个项目,研究生境片断化作为一个主要的威胁因子对当地生物多样性的影响机制,项目的主要研究目标是得到为保护日益受到威胁的生物多样性而建立自然保护区的原则以及探讨片断化生态系统经营管理的实践准则和理论基础。该项目分为生境片断化对植物区系的影响、动物区系的影响和对生态系统的影响三个子项目,取得了一系列具有实际意义的结果(Hobbs,1993)。

我国在“八五”期间由许再富等开展了“滇南龙山林的岛屿效应与热带植物和鸟类多样性保护的研究”及“片断热带雨林的岛屿效应与物种多样性消长规律的研究”,研究对象包括高等植物、鸟类、啮齿动物、两栖爬行类和土壤动物等类群。这两个项目是我国较早开始生境片断化效应研究的例子,取得了一些有意义的结果。

生境片断化包括两方面的内容:其一是生境总面积降低;其二是剩余地区重新分布为非连续的碎片。前者直接影响种群的大小和绝灭率,而后者主要影响种群扩散和迁入率(Wilcove等,1986;韩兴国,1994),人们越来越认识到生境片断化是对生物多样性保护的一个重要威胁因子,因而开始关心生态系统片断化后生物多样性的变化规律和重新分配格局、科学管理和有效保护现有物种在片断化生境中的生存、生长状况等,这些都是生物多样性研究和保护中人们所关心的重要问题,也是保护生物学的关键问题。开展这些研究将有助于解决生物多样性有效就地保护的一些重要理论和关键技术问题。

生境破碎化产生了大量的原生植被残块,这些残块或称斑块被一些完全不同的背景基质所包围,背景基质包括:农田、牧场、采伐迹地、村庄以及不同的次生植被类型。由于土地上的覆被有了巨大的变化,景观上残余植被碎块和大量背景基质中物理、化学和生物因素也发生了很大的变化。在发生了片断化的景观中,主要发生两类变化即生物地理状况中生物多样性改变和物理环境改变。一般认为环境变化主要是生态系统过程变化的基础,物种多样性变化是现象,但目前生境片断化研究大多以生物物种消长这种表面特征为对象,而对于基础特征的生态系统过程研究较少。

生境片断化后,物理环境尤其是光辐射、水分、风和营养物质等发生了很大变化造成生境质量下降,物种丧失加剧。景观破碎化后不同残块中物理因子和生物地理因子变化状况差别很大,这些差异一般与景观中残块大小、形状和位置等有很大关系。

本文简述了片断化生境的主要特点、表现形式及对生态系统功能过程的影响原因和机制,片断生境中残块空间拓扑结构特点,未来的研究工作中需要优先考虑的方向。

## 2 生境片断化对生态系统过程的影响

生境片断化引起的生态系统功能过程变化是生物多样性研究中非常重要的一个方面,因为生态系统功能多样性的维持是物种多样性和遗传多样性得以保护的基础,物种生存需要功能完善的生态系统去维持。Silver等(1996)指出“功能多样性,而非物种丰富度对保持生态系统营养循环和能量流动完整性具有很重要的作用”。

### 2.1 片断化生境中水分特征

生境片断化直接影响到生态系统中水分循环各个过程和因子,因而极大地改变了生境中的水分状况。首先,生境上的植被破坏直接导致了截留降水量的减少直至完全消失,例如:间伐后的森林与原始森林相比其截留降雨的能力大大减小,而皆伐使森林生态系统完全丧失了截留降水的能力。截留降水量减少增大了直接降水量,增强了降水对地面的冲击力,容易造成土壤侵蚀。澳大利亚南部的桉树矮林(McFarlane等,1993)植被通过树干茎流和林冠截留影响着水分循环模式,这些植被的破坏,增加了地表径流量和洪峰到来时的水量。总体来讲,植被破坏或消失直接改变了水分原先通过截留、蒸发散和下渗形成的水分内循环方式,产生了较大的地表径流和洪水。

其次,生境破碎化减少了植被的蒸发散、改变了土壤中水分流动的模式。森林中扎根很深的树木和其它植被类型中多年生灌木和草本植物被一年生的禾本科作物、牧草或其他没有植

被覆盖的土地利用方式取代后将极大地减小蒸发散、增大地表和地下水分流量和含量。Far-rington(Hobbs, 1993)的研究表明:生长季作物水分利用量大于原生植被,但在非生长季,原生植被继续保持较高的蒸发散,所以森林和具有多年生植物的植被具有较高的水分利用率。另外原始生境破坏也减少了由乔木和灌木根所形成的土壤孔隙度,减少了地下渗水量。

再次,生境破碎化导致了地下水位上升,主要是由于原生植被丧失大大减少了蒸发散量,土壤水分增多所致,水位上升使土壤表面盐渍化程度加重、水浸面积加大、沼泽化产生和土壤侵蚀增加。地下水位上升把原来贮存于土壤深层地下水中的盐分带到土壤表面上来,特别在降水中盐分含量较大的沿海区域,这种现象非常严重。在澳大利亚西部 Kellerberrin 郡,每年大约有  $187\text{hm}^2$  的高产农田变成盐渍化土地,大约 3.5% 的可耕地受到盐渍化的影响(George, 1990)。水浸和沼泽化影响了大约  $180$  万  $\text{hm}^2$  的农田(Nulsen, 1993)。水蚀也是一个重要的由地下水位上升引起的问题,水蚀大约影响了澳大利亚西部  $75$  万  $\text{hm}^2$  的土地。地下水位上升对片断化残块内原生植被也有非常重要的影响,受这种影响最严重的是沟谷和洼地的植被。许多从前的林地现已变得极端盐渍化或受到了水淹,森林植被或完全消失或者变成了枯死木。早在 1924 年(Wood, 1924)就有报道原生植被的破坏对小溪中盐分含量的影响。盐分含量增加是 Avon 河动物多样性减少的主要原因(Kendrick, 1976)。

## 2.2 片断化生境中的养分特点

片断化生境的养分状况研究较少,对其规律的认识也不足,但一般认为破碎景观中的养分状况有以下特点:

原生植被的改变或消失引起水分循环、风的特点和太阳辐射强度发生了较大的变化,由于径流、淋失和风蚀导致了养分的大量流失。最明显的是引起了农田和牧场上养分含量降低。

引起生境破碎化的火灾、侵蚀和其他环境状况的变化会导致整个景观上的养分重新分配,当然也有增大养分净流失量的趋势,如养分随水流进入河流,表层土壤被风吹走等等。养分再分配最明显的就是大量营养元素从植被消失的地段移走,使这些地域变成了营养贫瘠化地区,而移走的养分又大量堆积在养分并不缺乏的残余片断植被的边缘,增加了边缘的养分含量,破坏了正常的养分循环(Hobbs, 1993)。一般,养分再分配的结果只能增加斑块边缘的养分状况,但风也会把土壤微粒带进斑块内部,增加土壤养分含量(Hester 和 Hobbs, 1991)。动物也会改变破碎生境中养分分配,通过取食于斑块外而储存食物和排泄在斑块内增加斑块内的养分含量,已有的研究表明(Hobbs 等, 1993)动物的这种取食方式对残余植被片断的养分状况有很大的影响。养分在原生植被残块内的重新分配状况改变了植物养分吸收机制,可能引起斑块外物种侵入(Hobbs 和 Atkins, 1988),从而又会影响残块区域的生态系统过程。总之,生境片断化引起了养分分布极端不均匀,形成了营养斑块,造成了原生植被残块内的高养分积累和周围背景基质低养分状况,这两类系统内的养分明显不均衡必定会导致原生植被长期维持困难等问题。

## 2.3 生境片断化对辐射平衡的影响

破碎生境内的能量平衡与原生植被覆被的生境相比有很大差异,特别是植被密布的原始森林、密灌丛和多年生草本群落。在森林内,森林树木叶子能够吸收太阳光,密林对太阳光的吸收能力更强,在未受干扰林地中,仅有不到 10% 的光线到达林地表面(Primack, 1993)。森林能对林地的微生境起到调节作用,白天为林地遮荫,保持林地凉爽、潮湿;夜间则减少空气流动,保持林内温度,当森林被砍伐后,森林所起的上述作用就完全消失,林地就像裸露地一样在

阳光的直接照射下变得更热；失去了林冠的保护，夜间林地散失的热量和水分使地面温度和气温变得更低，这样就会在地面和土壤表层产生较大的温度变幅。破碎生境上的小气候变化对斑块边缘的影响非常强烈，向着斑块内部依次减小。在亚马逊河马瑙斯森林中，微气候效应在块状森林内 40 m 深处都明显存在(Kapos, 1989)。由于物种通常精确地适应原有环境中的温度、湿度和光强，发生了生境片断化后，许多物种因为不适应新环境而发生灭绝。温带森林中耐荫的有花植物，热带森林中演替形成的次生种和对温度高度敏感的动物如两栖类等常常会由于生境片断化而消失。片断生境边缘是辐射变化最大的区域，如在林缘，白天阳光直射林缘时温度升高，夜间没有植被保护温度很快降低。边缘温度的这种变化直接或间接影响营养物质循环过程，主要是日间高温影响了土壤微生物的活动状况，加快有机质分解速率，提高生境边缘的营养水平。在这种新的生境条件下，交错生长的藤本植物和攀缘植物及生长迅速的先锋植物就会在这里生长起来。林缘密集的植物丛可能形成一道屏障以减缓片断化对生境内部的进一步影响。在这种意义上，林缘对片断化生境内的物种组成是一个保护因子。然而在这个过程中，林缘种类组成发生了剧烈变化，同时也降低了原有生境占据的种类数量。长时间后，斑块边缘会被那些与林内植物和动物完全不同的种类所代替。

#### 2.4 片断生境中风的变化

随着生境破碎化植被被改变，景观上的气流运行方式发生了明显的变化。未受干扰的生境如森林，其树冠能极大地降低风速，林冠上层较强的气流会转变成森林内部的微微轻风。当生境破坏后，风即能进入空地穿过森林，对生境的影响与从前完全不同。首先，片断化的生境中剩余原生植被与风的接触面加大，风对原始植被的直接物理伤害作用加大，造成乔木风倒和风折；间接小气候调节作用加强，包括增加蒸发散、降低湿度和使地表土壤变得干燥。水分不断减少可能会使林内许多耐荫植物死亡，被一些能适应新环境的植物种类所代替。

其次，生境破碎化后近地表面的风速增大，较大的风速对残块边缘产生了进一步的效果，如加大从邻近生境中转移养分和种子量。Geiger(1965)曾指出，植被疏开后，生境边缘粉尘堆积的速度增加了 40%。风能把很远距离处非原生植物的种子吹到生境的边缘(Hobbs, 1988)，也能把远处昆虫和致病有机物吹到斑块内，这些方面需作进一步研究。

再次，片断生境上风速增加导致了湿度降低和温度升高为火灾发生创造了条件，堆积在林缘的枯死木和风折木常常诱发片断化林地的火灾。在印度尼西亚婆罗州，森林片断化与农耕和森林择伐及择伐后堆积在林缘的小灌木和人为火灾相结合造成了大范围的环境灾难(Leighton 和 Wirawan, 1986)。

以上说明了片断化生境中生态系统过程发生变化的特点，这四个方面涵盖了影响生态系统中能量流动和物质循环的主要物理环境因子，是片断生境中生物多样性变化的机制型控制因子。

### 3 片断生境的拓扑结构特征

生境破碎化对生物物种的影响包括生境面积减小和破碎度加大。生境面积减小对生物多样性的影响一般用岛屿生物地理学理论说明，形成的共识是，生境面积减小越多，生物多样性丧失越严重。生境片断化后形成残块面积的大小、形状、相互间的连接和隔离状况、以及斑块的空间格局和排列状况等都成为影响生物多样性变化的重要因素。但是由于生境的这种拓扑结构特征具有复杂性，它们与生物多样性的关系具有多变性，值得进一步探讨。

### 3.1 生境斑块大小

斑块面积越小,周围环境对它的影响就越大,小斑块内生物群落动态主要由周围环境因子所支配,即边缘效应所起的作用较大;大斑块内,边缘面积所占的比例小,内部生境大且具有较多生境多样性的地域,保持的生物物种多。种群灭绝的速度也有相同的趋势,大斑块维持较大的种群,保持着多样性程度较高的遗传基因,种群抗干扰能力强,一般不容易发生绝灭;小斑块种群规模小,遗传多样性低,极易发生局部绝灭;种群小型化使得物种发生近交的可能性增加,近交造成种群衰退,引起种群存活力降低。大斑块也有一定负面作用,如:火灾容易蔓延和病虫害易大量发生等等。斑块面积大小对物种的影响是多样的,需要较多原始生境和多种生境组合的物种,在小斑块内发生局部绝灭,而生境需求简单的物种能在小斑块上存活。

### 3.2 生境斑块形状

只有当斑块面积较小时,形状指数才有意义。以圆形和方形斑块为例(徐化成,1996),这两种形状斑块的本质差别在于边缘与核心的比例,边缘宽度相同时,如果斑块大小相同则圆形内部与边缘比大,其他形状斑块的内部与边缘比较小。不同形状斑块起的生态作用不同,长型斑块长边如与环境梯度垂直,则形成具有多种生境特征的斑块,对具有复杂生境要求的物种生存是良好场所,对生物多样性维持具有重要意义。

### 3.3 生境片断化后的时间

生境破碎化后形成的斑块在短时间内其生物群落物种多样性变化状况并不显著,随着碎块隔离时间变长,物种丧失的情况越来越严重(Harris,1984)。因而在生境片断化研究中,斑块隔离的时间是一个很重要的因素。随着隔离时间加大,不同物种的反应特点不同,与物种的生物学和生态学特性有关。对原生植被生境依赖度大、需要生境面积较广和种群密度低的种类,在斑块中消失的速度非常快,对生境要求不严而种群数量又大的物种,在生境隔离后灭绝的速度慢、可能性小(Margules,1994)。

生境片断化效应是延迟的即随斑块隔离时间加大,破碎化所起的作用越明显。在许多原生群落特别是森林群落中,某些物种虽然生殖更新状况不好,但其种群的规模并不减少,主要是物种的成年个体寿命很长的缘故。

### 3.4 斑块的间距

碎块与面积较大的或连续的原生植被之间的距离是片断化作用对物种多样性影响程度的关键因素。物种在斑块上的迁移定居特点受到斑块间距的控制。斑块距离小,物种迁移定居容易,在斑块内部不易发生局部绝灭;而斑块间距大或与大面积生境距离远,则局部绝灭的可能性就大。当然物种的迁移定居能力还与物种本身的生物生态学特性有关,风媒和结实量多的物种,受斑块间距的影响小。但物种在新斑块内定居能否成功,同时取决于环境和生物因素,如土壤营养状况和生物物种间相互关系。不同动物类群对斑块隔离度反应差别很大,如10 m宽的农田可以阻止无脊椎动物(Mader,1984)和某些鸟类(Saunders等,1991)的迁移但却不能阻止大型哺乳动物迁移。另外斑块在景观上的分布格局直接影响斑块上的生物多样性,影响植被的结构和组成等。

片断化生境拓扑结构特征都对生物多样性有一定的作用,实践中它们相互作用、综合起来影响生态系统功能过程和生物多样性。

## 4 讨论与建议

片断化生境的特征与生物多样性关系紧密,这些特征的变化规律研究是保护生物学的理

论基础和实践准则,是自然保护区建设工作的指导原则,因而需要进一步加强研究。

生境片断化后,生态系统功能过程如:辐射、水分、养分和风动力发生了显著变化,变化后的生境明显不利于原生植被的物种生存,引起了物种种群局部绝灭以至于完全丧失。

片断化生境生态系统功能过程和拓扑结构特征涉及的内容复杂、范围广泛,由于人力资源和研究经费的限制,必须确定优先研究领域。根据国内外生境片断化研究进展状况和自然保护工作的实际需要,应优先考虑以下两个方面的研究:

- 开展生境片断化前后物理环境因子变化特点和对破碎生境影响的比较研究;

- 片断化后斑块内部功能过程的变化以及物种消长机制:尽管生境片断化研究的理论探讨非常有必要,但实验研究对于解决目前十分迫切的物种和生境保护有更重要的实践意义:由于生境破碎化研究花费巨大,因而在国内开展这项研究的有效途径就是尽量利用资料比较齐全已破碎的景观。这方面的研究可以借鉴植被演替中利用弃耕地的方法;把破碎景观作为一个整体,采取综合系统研究,所得研究成果必定会对生物多样性保护和保护区设计工作有指导意义。

### 参 考 文 献

- 韩兴国. 1994. 岛屿生物地理学理论与生物多样性保护. 见钱迎倩, 马克平(主编). 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 83-103
- 徐化成. 1996. 景观生态学. 北京: 中国林业出版社
- Geiger, R. 1965. *The climate near the ground*. Massachusetts: Harvard University Press
- George, R. J. 1990. The 1989 Saltland survey. *J. Agric. West Aust.* 26: 115-118
- Harris, L. D. 1984. *The fragmented forest. Island biogeographic theory and the preservation of biotic diversity*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press
- Hester, A. & Hobbs, R. J. 1991. Influence of fire and soil nutrients on native and non-native annuals at remnant vegetation edges in the Western Australian Wheatbelt. *Veg. Sci.* 3: 101-108
- Hobbs, R. J. 1993. Fragmented landscapes in Western Australia: introduction. *Biological Conservation* 64: 183-184
- Hobbs, R. J. 1993. Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian Wheatbelt. *Biol. Cons.* 64: 193-201
- Hobbs, R. J. & Atkins, L. 1988. Effects of disturbance and nutrient addition on native and introduced annuals in plant communities in the Western Australian Wheatbelt. *Aust. J. Ecol.* 13: 171-179
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5: 173-185
- Kendrick, G. W. 1976. The Avon: Fauna and other notes on dying river in South-Western Australia. *West Aust. Nat.* 13: 97-114
- Klein, B. C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology* 70: 1715-1725
- Leighton, M. and N. Wirawan. 1986. Catastrophic drought and fire in Borneo tropical rain forest associated with the 1982-1993 El Nino Southern oscillation event. In G. T. Prance (ed.). *Tropical Rain Forests and World Atmosphere*. Baildon: Westview Press Co. 75-102
- Margules, C. R. 1994. Contrasting effects of habitat fragmentation on the Scorpion *Cacophonies squama* and an amphipod. *Ecology* 75(7): 2033-2042
- McFarlane, D. J., George, R. J. & Farrington, P. 1993. Changes in the hydrologic cycle. In R. J. Hobbs & D. A. Saunders (eds.). *Reintegrating Fragmented Landscapes: Towards Sustainable Production and Nature Conservation*. New York: Springer-Verlag, 146-186

- Primack, R. B. 1995. 邹承经等译. 1996. 保护生物学概论. 长沙: 湖南科技出版社
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs and C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conv. Bio.* 5(1): 18-32
- Silver, W. L., S. Brown and A. E. Lugo. 1996. Effects of changes in biodiversity on ecosystem function in tropical forests. *Cons. Bio.* 10(1): 17-24
- Wilcove, D. S., C. H. MacLellan and A. P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. In M. E. Soulé (ed.) *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Massachusetts: Sinauer, 237-256
- Wood, W. E. 1924. Increase of salt in soil and streams following the destruction of the native vegetation. *J. Roy. Soc. West. Aust.* 10: 35-47

## FEATURES OF FRAGMENTED HABITATS AND THEIR EFFECTS ON ECOSYSTEM PROCESSES

Sang Weiguo, Ma Keping, Zheng Yu

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Discussed in this paper are the characteristics of changes of the functional processes of ecosystems and their relations with the decrease of biodiversity when habitats are fragmented. The rules of water cycling, of nutrient flowing, of solar radiation and wind dynamics in fragmented habitats are focally analyzed. Fragmented habitats are found to be obviously detrimental to the survival of species in the native vegetation, probably causing their partial loss or even complete loss. The features of the topologic structure of fragmented habitats, and the effects on diversity caused by the changes in the size and the shape of the patches as well as in the distance between different patches, are here also discussed. It is considered that actually these features interact with each other and synthetically influence the functional processes of ecosystems and biodiversity when habitats are fragmented. Finally, it is suggested that in the research of fragmented habitats, a systematic and comprehensive method should be adopted.

**Key words:** Habitat fragmentation, Biodiversity, Ecosystem function, Topologic structure

## 群落最小面积的概念及其确定方法

刘灿然 马克平 陈灵芝

(中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** 群落最小面积可分为方法论上的最小面积和生物学上的最小面积;前者包括定性的和定量的最小面积,后者包括空间最小面积、抵抗最小面积和更新最小面积。方法论上的最小面积研究历史较长,确定方法也较多,但基本上有三类:基于种—面积曲线的方法、基于频度—面积曲线的方法和基于植被同质性的方法。生物学上的最小面积研究得不多,也更难研究,但它的有些概念及方法对自然保护将会起到重要作用,是需要加强研究的领域。

**关键词** 最小面积 抵抗最小面积 更新最小面积 种—面积曲线 频度—面积曲线 同质性 群落

如果认为植被是一个连续体,那么谈论最小面积(minimum area, MA)的概念就毫无意义。但是,很多学派都认为植被或多或少是不连续的,是由相对同质的、具体的植物群落的镶嵌构成的,而这些群落又是由狭窄的、异质的过渡带隔开的。这些具体的植物群落的大小在同类型的植物群落中变化很大。于是,就出现了两个不同的问题:①需要多大面积群落片断才能很好地发育?②在充分大的群落中,样地需要多大才能对植物群落给出一个完整的、或者至少是有代表性的、适当的描述(Barkman, 1989)。同时,由种—面积关系也可以知道,调查的物种数目随调查样地面积的增加而增加。开始时,物种数目增加的速度很快,以后越来越慢,要抽到与以前同样数目的“新”的物种需要付出成倍的代价,即抽取的面积要成倍地增加,这是很不经济的,有时也是很不必要的。于是,也出现了与②相似的一个问题:即③抽取多大面积的样地,才能基本反映植物群落总的物种组成特征?

①是生物学上的最小面积(biological minimum area, BMA)要回答的问题,②和③是方法论上的最小面积(methodological minimum area, MMA)要回答的问题。相信,对这些问题的回答将会对生物多样性研究和自然保护及其规划起到重要的作用(Barkman, 1989)。

### 1 方法论上的最小面积

方法论上的最小面积可以分成定性的和定量的最小面积(qualitative and quantitative minimum area)。定性 MMA 的研究是本世纪 20 年代在瑞典、前苏联开始以后又在法—瑞学派中进行的。定性最小面积是指这样一个面积,即在同一植物群落之内,如果面积再增加的话,物种数目根本不再增加,或者稍微有所增加。定量最小面积是由 Meijer Drees 从纯粹实用的林业目的考虑提出的,它是指这样一个面积,即“在这个面积上所有用材树种都达到了一定的大小,从而这个面积可以作为木材税收的一个基础”。他指出,这个 MMA 至少是定性 MMA 的 4 倍。定量最小面积的概念可以概括为“这样一个面积,在其之上所有物种的定量指标都不再发生显著的变化”。最小面积是最小体积(minimum volume)的一个特例,它适用于平面上(即地面上)的植物群落。在浮游植物群落以及土壤群落中,或者在热带雨林的附生植物群落中都

应该谈到最小体积问题。对真菌群落可能还会谈到最长时间(minimum time)或者最小面积 - 时间乘积(minimum area-time product)问题。

定性 MMA 最早的定义之一是由 Du Rietz 提出的,他认为“最小面积是所有的恒有种都存在的面积”。其中的恒有种是指局部频度至少为 90% 的种。结果得到的 MMA 都很小:对物种贫乏的森林只有  $1\sim4\text{ m}^2$ ,对物种丰富的森林也只有  $10\text{ m}^2$ ,这意味着在这个 MMA 上只出现了一(少)部分物种。对 Braun-Blanquet 的方法来说这是不充分的,因为它的群落单位是基于所有物种的,并且大多数特征种和区分种的频度都较小。这也面临着循环推理的危险,因为恒有度和频度都依赖于样地大小。Vander Maarel 用一系列独立的大小逐渐增加的样方来分析群落中各个种的频度,直到整个群落中 80% 的种都成为常见种,从而确定了一个频度最小面积(a frequency minimum area)。但是,这个最小面积依赖于群落的大小。实际上,它表示的是一个生物学上的 MA;而不是一个方法论上的 MA。

Ramenski 定义最小表现面积(representative MA)为“这样一个表面,在其之上所有定量的方面以及种间的所有相互关系都可以表现出来”。这是定量 MA 的第一个定义,但是相互关系的引入给人一种印象,即它指的是生物学上的最小面积。这使得这个概念在野外很难应用。之后,他又给出了一个定义:“最小表现面积是这样一个表面,在其之上所有种的多度的方差低于一个特定的水平”,这可能是定量 MMA 最好的数学描述。

Westhoff 定义的“最小空间”(minimal space)是指“这样一个空间,它要被植物群落的一个样本所占据,并且正常的物种集合(species assemblage)能够发育”。与 Du Rietz 的定义一样,它也犯了循环推理的错误。正如 Westhoff 本人所指出的,“正常的物种集合是一些特征种和恒有伴生种,平均来说它们存在于植物群落的一个发育良好的样本中”。从其定义的最后一句话可以看出,Westhoff 的最小空间指的是一个 BMA。

基于频度来阐述最小面积的概念是 Uppsala 学派的特点。如果根据大小逐渐增加的样方来估计出了频度,并且将频度大于 90% 的物种数对样方大小作图,则曲线将变平并保持下去,至少到面积增加到相当大。频度大于 90% 的种被称为恒有种,并且最小面积定义为这样一个面积,在其上所有恒有种都出现了,或者至少当面积有相当大增加时恒有种数保持不变。这个方法的关键在于恒有种数与面积之间所假设的关系的正确性值得怀疑。对此有很多不同意见(Goodall, 1952)。主要是支持这个关系的数据是从选择性地设置的样方而不是随机抽样得到的(Greig-Smith, 1983)。

Braun-Blanquet 把最小面积定义为这样一个面积,超过了它就不会再有新种出现。然而,在他 1928 年发表的一篇文章的例子中可以看出,他的本意应该是种 - 面积曲线开始变平时的面积(Goodall, 1952)。很多生态学家都把种 - 面积曲线开始变平时的面积作为最小面积的一个指示(Greig-Smith, 1983)。Lippmaa 也用种 - 面积曲线水平部分的出现作为最小面积的准则。

Cain(1932)声称可以识别出种 - 面积曲线上的“转折点”(break),在这个点以上曲线基本变平,这个“转折点”指示出群落的最小面积。1938 年他意识到用肉眼观察来确定这个“转折点”的位置依赖于两个坐标轴的相对尺度,并提出在曲线上选择这样的点使曲线在该点处的斜率等于抽取的最大面积时的种数 - 面积比;1943 年又提出上述斜率或者等于该种数 - 面积比的某个指定部分。当然,这个方法也有严重的问题,这就是选择的最小面积强烈地依赖于所使用的最大面积,即这个最大面积越大,它对应的种数 - 面积比就越小,最后确定的最小面积就

越大。

Vestal 及其合作者最初用种 - 面积曲线上变化速度最大的点来指示最小面积,但以后(1943 年)又称其为“有效样地大小”,因为他接受了 Braun-Blanquet 将“最小面积”作为“曲线上几乎变平那一点”的用法。按照 Cain 的结论,即这里求出的点依赖于画曲线时所用的尺度,他们找到了另外一个准则。对不同大小的样方中较常见种的某些组合出现的频度进行研究,发现这些组合的频度的 60% - 80% 之间的值满意地指示了群落的“最小表现面积”,在大多数情况下,它应该“包括被认为是所考虑的群落片断代表的所有的种或足够多的种”。

稍后,Vestal (1949)又基于种 - 面积曲线来讨论他的表现面积。他在曲线上识别出两个点,其面积比为 1:50,而种数比为 1:2。他声称几乎总是可以找到两个这样的点;因为他认为(在面积的对数尺度上)曲线是 S 形的,有时可能会有两对这样的点,为了消除任何可能的模糊性,他认为在这种情况下应该取曲线的拐点以上的那一对点,这对点中的较小者对应于“最小表现面积”,较大者对应于“适当大小的群落片断”(fair-sized stand)。最小面积定义为前者的 5 倍,或者后者的 1/10。

Archibald(1949a)认为“对检查优势种的密度从而更准确地定义群落界限所必需的样本大小等于对最丰富种给出 95% 频度的样方大小”。Archibald (1949b)又引入了群落的一个特征面积,它平均包含了所有出现的种的 50%,这个值大致对应于他所称的 S 形种 - 面积曲线上的拐点。然而,不能将这个面积看作群落格局尺度的一个毫无例外的指标。因为只有当群落片断足够大以至达到了种 - 面积曲线变平的部分,这时该面积才独立于群落片断的大小。Archibald 本人的大多数数据就不满足这一点,而对适用于 Fisher 等(1943)的模型的植被来说,这一点就决不会成立(Goodall,1952)。

Tüxen 认为随着样地面积的增加,物种数目达到了一个绝对最大值,他称其为“完全饱和”。大多数作者得到了不同的结论。物种数目的增加不会停止,尽管常常慢下来。问题是如何来定义定性的 MMA。一种方法是确定种 - 面积曲线上的弯曲点(即弯曲程度最大的点)。Cain 和 Castro 提出了一个很实用的解法,即面积增加  $x\%$  导致物种数目增加  $y\%$  的样地大小,例如面积增加一倍,物种数目增加 10%。Werger 认为种 - 面积关系符合 Fisher 等(1943)提出的模型,用几个野外观测值计算出该模型的参数,然后将曲线外推到 1  $\text{hm}^2$ ,将 1  $\text{hm}^2$  上的理论物种数目的 80% 期望出现的面积定义为最小面积(Barkman,1989)。

由于通过种 - 面积曲线确定 MMA 存在很多困难,Moravec 应用了相似性准则,即如果一个样地是有代表性的,那么它的区系组成就不应该与同一个群落中相同大小的另一个样地相差很多。对于每一个样地大小都分析一组样本,并计算它们的平均相似性。当这个平均相似性随着样地大小的增加而不再有任何增加时,就得到了 MA。从理论上讲,这个方法很好,但它太费时间了。Dietvorst 等(1982)将它应用于定性和定量 MMA,并将它们定义为平均相似性达到 80% 时的样地大小(Barkman,1989)。

随着样地面积的每一次加倍,获得的信息却很少,特别是与消耗的时间相比。因此,Werger 提出了 MMA 的一个实用的定义,即它是“这样一个样地大小,当样地进一步扩大时,所获得的信息与投入的时间相比显得太小了”。然而,这个 MMA 也依赖于穿越一个植物群落的困难程度以及发现与识别所有物种的困难程度(Barkman,1989)。

Goodall(1954b)基于按照不同间隔设置的重复样本中各物种的一个定量测度值的同质性,提出了确定最小面积的一个不同的方法。他提出最小面积就是这样一个“最小的样地面

积,即各重复之间组成上的期望差异与它们之间相隔的距离无关”,即这个差异仅仅是由随机变异引起的。实际上,这个方法是对格局尺度的一个直接考察,并试图确定每一个种以及群落片断中所有种所存在的格局的最大尺度。正如所定义的,最小面积涉及到所得信息的仅仅一部分,并且将它单独抽出来用于特殊的考虑似乎很少是合意的(Greig-Smith,1983)。

植被的同质性可以为最小面积的确定提供另外一种途径。它将最小面积定义为这样一个最小的面积,即群落片断在定义群丛的那些特征方面是同质的。这使人们摆脱了对种—面积曲线的依赖,而种—面积曲线是受物种的密度—分布影响的;大多数生态学家都认为群丛在其组成种的密度—分布方面可能变化很大。当然,对用同质性确定最小面积时要考虑植被的哪些特征以及允许多大的变异范围都依赖于所采用的特定的分类原理。

与上述方法类似的一个方法是由 West 在草地中用来确定合适样方大小(suitable quadrat size)的方法。他根据不同大小的样方确定总基面积的分布;随着样方大小的增加,该分布变得不那么偏斜,并且减小了方差,直到样方面积达到  $2500 \text{ cm}^2$ ;随着样方的增大,它们很少再进一步变化。West 得出结论,对于这种类型的植被研究来说, $2500 \text{ cm}^2$  的样方大小是合适的。

很少意识到的一点是,不管用什么方法确定,最小面积的大小都常常明显地依赖于所用样方的形状。由于长而窄的矩形样方之间的抽样方差通常比同样面积的方形或圆形样方的小,因此,用矩形样方确定的最小面积很可能小于用方形样方确定的(Goodall,1952)。

## 2 生物学上的最小面积

Meijer Drees 引入了两个新的概念:①为了保护一个植物群落不被来自另一个群落的物种的侵入而需要的最小面积;②一个群落的完全更新所需要的最小面积,他称其为“更新最小面积”(regeneration minimum area, GMA), Pickett 和 Thompson(1978)称其为“最小动态面积”(minimum dynamic area)。Meijer Drees 并没有为第一个概念起一个名字,Barkman 称其为“抵抗最小面积”(resistance minimum area, RMA)。Meijer Drees 认为 RMA 小于 GMA。这两个都属于生物学上的最小面积。Barkman 认为必需增加第三个 BMA, 即空间最小面积(Space minimum area, SMA)。这三个 BMA 在大小上按下列次序增加(Barkman,1989):

(1)空间最小面积,它是指每个种至少出现一个个体所需的最小空间,像定性 MMA 一样,其大小是由物种的数目、个体大小及其分布决定的。因此,可以假设空间 BMA 与定性 MMA 具有同样的大小。

(2)抵抗最小面积,它是指这样一种最小面积,在其之上,一个植物群落可以得到完整和典型的发育。每一个植物群落都有一个边缘区,在这个边缘区上,可能存在非典型种,而不存在典型种。如果有一个边缘缓冲区来保护其中心不受所有外来影响的话,一个植物群落才可以良好地发育。抵抗最小面积等于空间最小面积加上一个缓冲区,其大小依赖于两者。

(3)更新最小面积很可能比抵抗最小面积大得多。根据林学常识每个树种只有少数几株是种树。因此,在一个小的森林群落中生殖水平可能很低。作为密度依赖和非密度依赖因子作用的结果,种群可能剧烈地振荡。作为非密度依赖因子(包括所有的气象因子)作用的结果,小种群比大种群面临灭绝的风险更大。由于近交(inbreeding)的结果,小种群也趋于退化。如果真是这样的话,这就意味着当物种灭绝后还能迁入进来,并且不断有外来基因的供应时,小的植物群落才能维持下去。因此,如果一个植物群落比更新最小面积小的话,那么需要附近有一个更大的相同类型的植物群落它才能生存下去。这在自然保护规划中是应该考虑的重要问题。

### 3 应该注意的问题

#### 3.1 关于方法论上的最小面积

Braun-Blanquet 学派确定定性 MMA 的经典方法是在一个大的植物群落的中心选择一个小的样地, 记下出现的种。然后, 再把样地扩大 2、4(5)、10……倍, 样地每扩大一次, 都记下新出现的种。样地是巢式嵌套的, 为了不致在一个方向上出现系统误差, 样地扩大是沿着螺旋线进行的。通常样地大小在草地中介于  $100 \text{ cm}^2 \sim 20 \text{ m}^2$ , 在森林中介于  $1/4$  或  $1 \sim 200 \text{ m}^2$ 。然后, 依算术尺度将物种数目对样地大小作图, 通过观察来确定曲线上最大弯曲度的点。这个方法有很多缺点, Barkman 对其作了修正(Barkman, 1989):

(1) 样地大小的跨度应该更大, 草地为  $1 \sim 1000 \text{ m}^2$ , 森林为  $100 \sim 10000 \text{ m}^2$ 。Hopkins (1955) 用了  $1 \sim 400 \text{ m}^2$ , Kilburn(1966) 用了  $1 \sim 900 \text{ m}^2$ ;

(2) 每个样地大小只有一次观察是很不充分的。要求的样地数目取决于物种数目的变异程度。在小样地中这种变异最大, 因此, 小样地应取得多一些;

(3) 根据经典的方法, 较大的样地包含了较小的样地(即巢式样方), 因此, 调查数据在统计上是不独立的。并且结果强烈地受到最小的样地所处位置处的物种数目的影响。因此, 所有的样地应该随机设置, 并且相互独立;

(4) 如果没有更多的时间来研究更大的样地, 那么就会冒忽略物种的风险, 并且观察到的种-面积曲线的饱和性也是不真实的;

(5) 种-面积曲线上最大弯曲度所对应点的位置完全依赖于所用坐标轴的尺度。很明显, 每一条种-面积曲线有几个弯曲点, 在非对数尺度上每次只能观察到一个。因此, 应该采用物种数(S)对面积的对数( $\log A$ )的图形, 或者更确切地说, S(即物种数的变化量)对  $\log A$  作图。有时也用  $\log S / \log A$  图形, 但这并没有理论上的优势, 反而掩盖了所考虑曲线的特征(Kilburn, 1966)。

#### 3.2 关于生物学上的最小面积

为了分析一种类型群落的各种 BMA, 必需研究该类型大量的群落片断。要分析空间最小面积, 必需满足以下要求(Barkman, 1989):

(1) 群落片断的大小跨度必需很大;

(2) 群落片断必须是可比较的, 这意味着它们具有相同的植物地理区、相同的土壤类型、相同的水文条件、相同的年龄、相同的历史以及相同的人为处理;

(3) 这些群落片断必须是互相隔离的;

(4) 它们必须是由不同的植被类型包围的;

(5) 必须单独研究这些群落片断的中心和东、西、南、北各边缘。

更新最小面积的研究要困难得多, 它或者要求长期的波动研究, 或者要求所有组成种的种群动态分析。对下列问题的回答可以对其作出粗略的评价: 群落片断中的哪些种是有性繁殖的? 不育个体与丰产个体的比例有多大? 是否存在种苗和幼龄个体?

### 4 结语

群落最小面积是一个一直存在着争议的问题。它最早受到 Arrhenius (1921) 的批评; 以后又多次受到批评并被重新定义(Goodall, 1952; Greig-Smith, 1983; McGuinness, 1984), Greig-Smith(1983)认为它具有很少的实用价值, Hawkins 和 Hartnoll(1980)则认为该概念很少能够给出新的信息, 以致于现在很少被应用(McGuinness, 1984)。尽管如此, 群落最小面积的概念

还是受到了很多学者的重视,如 Hopkins(1957),Barkman(1988,1989)。尤其是在生境破碎化程度日益严重的今天,有必要正确评价群落最小面积问题,它的一些概念及方法将会对生物多样性保护及研究起到重要的作用。

### 参 考 文 献

- Archibald,E. E. A. 1949a. The specific character of plant communities. I. Herbaceous communities.. *Journal of Ecology* 37: 260 – 273
- Archibald,E. E. A. 1949b. The specific character of plant communities. II. A quantitative approach. *Journal of Ecology* 37: 274 – 288
- Arrhenius,O. 1921. Species and area.. *Journal of Ecology* 9: 95 – 99
- Barkman,J. J. 1988. A new method to determine some characters of vegetation structure. *Vegetatio*. 78: 81 – 90
- Barkman,J. J. 1989. A critical evaluation of minimum area concepts. *Vegetatio*. 85: 89 – 104
- Cain,S. A. 1932. Concerning certain ecological concepts. *Ecological Monographs*. 2: 475 – 508
- Dietvorst,P. ,vander Maarel,E. and vander Putten,H. 1982. A new approach to the minimum area of plant communities. *Vegetatio*. 50: 77 – 93
- Fisher,R. A. ,Corbert,A. S. and Williams,C. B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*. 12: 42 – 58
- Greig-Smith,P. 1983. *Quantitative Plant Ecology*. London: Blackwell Scientific Publications
- Hawkins,S. J. and Hartnoll,R. G. 1980. A study of small scale relationship between species number and area on a rocky shore. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 10: 201 – 214
- Hopkins,B. 1955. The species-area relations of plant communities. *Journal of Ecology*. 43: 409 – 426
- Hopkins,B. 1957. The concept of minimal area. *Journal of Ecology*. 45: 441 – 449
- Kilburn,P. D. 1966. Analysis of the species-area relation. *Ecology*. 47(5): 831 – 843
- Mc Guinness,K. A. 1984. Equations and explanations in the study of species-area curves. *Biological Reviews*. 59(3): 423 – 440
- Pickett,S. T. A. and Thompson,J. N. 1978. Patch dynamics and the design of nature reserves. *Biological Conservation*. 13: 27 – 38

## CONCEPTS OF COMMUNITY MINIMUM AREAS AND THEIR DETERMINATION METHODS

*Liu Canran ,Ma Keping ,Chen Lingzhi*

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Various concepts of community minimum areas and their determination methods are reviewed. Minimum areas can be divided into methodological minimum areas (MMAs) and biological minimum areas (BMAs). The former includes qualitative and quantitative MMAs, and the latter includes space minimum area, resistance minimum area and regeneration minimum area. MMAs have been studied for a long time, and there are many determination methods, most of which are of three types: species-area curve-based methods, frequency-area curve-based methods and vegetation homogeneity-based methods. Relatively fewer researches have been devoted to BMA's, and it is more difficult to study them. However, some concepts and methods of BMA's are important to nature conservation, so this field necessitates further researches.

**Key words:** Minimum area, Resistance minimum area, Species-area curve, Frequency-area curve, Homogeneity, Community

# 生物多样性保育和全球变化研究中的陆地生物群区类型

倪健 张新时

(中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** Biome(生物群区)是当今生物多样性保育和全球变化研究中的一个重要概念,根据此概念的发展,评述了9个重要的世界陆地生物群区分类系统,并根据中国的植被分类和区划,划分了在中国的生物多样性保育和全球变化研究中所需要的陆地生物群区类型。

**关键词** 生物多样性 全球变化 陆地生物群区 植物功能类型

## 1 引言

生物多样性、全球变化和可持续发展是当今世界的三大环境热点问题,80年代以来,它们不仅受到科学界的重视,而且得到各国政府组织和社会公众的极大关注。如何进行生物多样性的保育,如何研究全球变化对自然环境、社会环境和生物多样性的影响和反馈,以及如何进行自然和社会的可持续发展,已日益迫切地摆在了人们的面前。

整个地球是一个由陆生和水生环境所组成的大区域,从极地冰盖到热带森林,从珊瑚礁到深海海沟,表现出极为明显的差异性。如何把这种巨大差异变成一种有序的、可管理的分类系统,是生态学和生物地理学上的一个主要问题。这不仅具有理论上的意义,而且在当今生物多样性的管理和保育以及全球变化的研究中起着根本性的重要作用。

在生态学中,已经创造了大量的不同名词来帮助进行世界环境的分类,如群落(community)、生境(habitat)、生态系统(ecosystem)和生物群区(biome)等。Biome(生物群区)是生态系统单元中的最高层次,现已广泛用于生物多样性和全球生态学的研究中,过去该词一直译作“生物群落”或“生物群系”,但从其定义来看均不确切(张新时,1995)。Botkin等(1986)的Biome定义是“包括在一个地理区域内的、面向同一气候条件、并有着相同生活周期、气候适应性与自然结构的优势种的一系列生态系统”。Biome是“一个主要的陆地或海洋的生态区(如,热带雨林生物群区、热带海洋生物群区、荒漠生物群区、冻原生物群区、针叶林生物群区等),是一系列连续的生态系统”(Rumbler等,1989)。Watson等(1995)更明确地将Biome定义为“一个洲际尺度的区域,以其特殊的植被和气候为特征”。可见,Biome是具有一定气候代表性的生态系统类型的区域,故可译为“生物群区”,以表示其中既有类型的概念,也有区域的意义(张新时,1995)。生物群区是以植物功能类型(plant functional types, PFTs)的特殊组合为特征的,例如,北方针叶林是以北方针叶树与不耐荫的北方夏绿乔木占优势;稀树草原则是典型的雨绿乔木与热带C<sub>4</sub>多年生禾草的混合体。它不仅包括植物区系,也包括动物区系在内,将Biome译作“生物群区”较强调了“地带性”的原则。

## 2 世界陆地生物群区分类

一般来说,陆地生物群区通常被占据陆地环境优势的植被类型(外貌)所定义(Stolz等,1989),植被类型影响着气候和土壤结构,刻划出特殊的生物群区特征,而且陆生植被同大气中的O<sub>2</sub>、水和CO<sub>2</sub>迅速交换,影响着大气中CO<sub>2</sub>的浓度,植被、土壤和大气是相互影响和作用

的。

人们很早就认识到植被和气候的关系并试图进行世界植被分类,在18世纪,人们便通过旅行了解植被与环境的知识,到了19世纪,早期的植物地理学就已较好地描述过世界主要植被类型的分布与气候的对应性或相关性,如在Von Humboldt和Bonpland(1805)所著的“植物地理学基础”一书中首先描述了植物外貌与气候、地理因子的相关性,而后,Von Humboldt,Griesbach,Schouw,Meyen,De Candolle,Warming,Schimper等作了进一步的研究,都强调了环境因子在植物分布上的重要性(转引自王伯荪,1987)。

这些早期方法导致了更正规的分类技术的发展,即根据自然发生的群落的结构和功能来划分陆地环境,包括两个方面,首先是根据优势植被类型的自然结构来划分系统,称为“外貌法”,其次是利用环境变量来描述自然植被(Watson等,1995)。

Koppen(1884)提出了一个以生理学的植物分类为基础的生物气候分类方法,是以温度、雨量的年平均值及其年变化为依据的来划分主要气候带,以试图代表主要植被带。Rubel(1930)较早地用气候界限来描述世界植被,将世界植被划分为28个群系纲,该相关模型提供了足够的数据,可从其表格数据及世界气候数据库产生一个预测的世界植被计算机图。Troll和Paffen(1964),Troll(1966)出版了一个季节气候的世界地图,将世界划分为5个基本生物气候区以及极地/副极地和冷/温北方区,提供了许多气候界限值和世界季节气候图及其代表的潜在植被类型。Ellenberg和Mueller-Dombois(1967)的世界植被分类,共把世界植被分为7个群系纲。Whittaker(1975)将世界的主要植被类型转置于年平均气温与年降水量的图表上,显示了植被类型按气候梯度分布的格局。

最著名的植被—气候分类系统之一是Holdridge于本世纪中期发展起来的生命地带分类系统(Holdridge,1947,1967),该系统发展于热带地区,近来应用到全球,受到普遍重视;Udvardy(1975)建立了世界生物地理生物群区分类。80年代以来,随着生物群区和植物功能型概念的发展,Olson等(1983,1985)建立了一个全球生态图,描绘了世界主要生态系统类型;Matthews(1983)将世界植被主要生态系统划分为32个类型;Bailey(1989a,b)建立了大陆生态区域;Woodward(1986,1992),Woodward等(1987)发展了基于极端最低温度、年降水量和水分平衡的预测世界主要植被类型分布界限的模型;Stoltz等(1989)建立了一个粗放的陆地生物群区系统;Neilson等(1989,1991)建立了一个简单的大陆尺度上的生物群区,并进行了对全球变化反应的研究;Prentice(1990)分析研究了Holdridge,Thornthwaite,Koppen,Troll和Paffen几种分类系统后,将植被与气候耦合起来,根据观测的植被类型和气候分类系统,重新定义了生物气候分类方案。Prentice等(1992)建立了一个全球生物群区模型;Box(1981,1987)发展了描述植物类型与气候变量关系的T:VS1模型,Box(1995)发展了基于植物和植被功能类型特征的全球潜在优势植被型模型,着重强调气候的植物生理生态机制和植被的物候—外貌生活型,具有广泛的应用前景;Running等(1994)基于简单的、可观测的、明确的植被结构特征,以及能用遥感手段检测并且植被分级可直接转换成全球气候和生物地球化学感兴趣的生物物理参数,提出一个新的全球植被分类推理,可用于全球生物群区分类。这都是值得密切注意的。

## 2.1 Holdridge系统

Holdridge的生命地带分类系统是由生物温度、降水和可能蒸散率各以60°角相交所构成的等边三角形图解来决定植被的位置的一种图式(Holdridge,1947,1967),它是根据某一地区

的气候指标来估测植被类型,并用以表示全球生物群区分布格局的较早的植被—气候分类模型。由这三个变量的梯度构成的三角形及其界限在三角形内所分割的30个蜂窝状的六角形小单位即是各个植物群落所代表的生命地带及其相应气候指标的组合。张新时等(1993)、张新时(1993)根据中国的情况对此模型的部分指标、界限或类型进行了适当的修正,尤其是水平地带上暖温带与亚热带的热量界限及雪线界限等,得出了36个世界生命地带类型。

近年来的研究表明,在计算植物群落与气候关系的不同方法中,Holdridge的方法被某些环境学家认为是最精细和优良的植被—气候分类系统;生态学家对这一方法也有较高的评价,因为这一方法可以根据某一地区的平均月气温和年降水值气候指标来估测其植被类型,并用以表示生物群区的分布格局,特别是在近年来研究全球变化对生态系统影响的评价中, Holdridge的系统被广泛用于测试陆地生态系统复合体分布对模拟的气候变化的敏感程度及预测大气CO<sub>2</sub>倍增条件下的植被和碳库变化格局(Post等,1982; Emanuel等,1985a,b; Prentice, 1990, Leemans, 1989, 1990; Henderson-Sellers, 1991, 1993; Cramer等, 1993; Zhang等, 1993; 张新时等, 1993; 张新时, 1993)。

尽管Holdridge生命地带分类系统已在许多地区以至全球应用,但仍没有形成一个联系植被与气候的完全满意的方案。Holdridge生命地带分类系统还存在一些不足,首先,高度差异没有得到反映,即该系统中水平生命地带和山地生命地带的定量量度相同,而这仅是由于二者生物温度的等值性,并未考虑在季节温度和日照长度等方面的差异;其次, Holdridge生命地带分类系统的过渡区被考虑成生物气候镶嵌在同样的可能蒸散率边界,这样气候被定义在该图形三角中是作为菱形而不是六角形;第三,年生物温度是从月平均温度而不是从更短的时间尺度(如天、小时)上计算的;第四,该系统用30℃作为计算生物温度的上限,而月平均温度30℃和31℃的面积在可能蒸散值上不合理的差异使得温度上限无法使用,在全球4°×5°的网格点上很少有或没有这样高的月平均温度,因此如果分辨率更好或考虑扰动气候的话,应用该系统时要慎重;最后,用生物温度18℃作为副热带和暖温带的冰线也不是对任何地区都适应的。

## 2.2 Udvardy 系统

Udvardy(1975)的世界生物地理生物群区分类(classification of biogeographical biomes),提供了一个大部分基于地理学和潜在植被的一般性分类,来描述生物地理区域(biogeographical regions),生物省(biotic provinces)和生物群区(biomes)的分布。该系统是结合外貌和生物地理的方法以刻划全球生物多样性特征,在该系统中,顶极群落的结构首先被用来区分一个生物地理省,用特殊的植物和动物区系的存在来确定边界,它把陆地系统分成8个生物地理区,193个省。在过去的十多年里,由该系统所编制的世界生物群区图被IUCN和UNESCO用作主要的全球生物地理标准,并在生物多样性的保育规划中,阐述了全球保护区在这些生物地理省中的分布(Groombridge, 1992; Watson等, 1995)。

热带潮湿森林 Tropical humid forests

亚热带/温带雨林/疏林 Subtropical/Temperate rainforests/Woodlands

温带针叶林/疏林 Temperate needle-leaf forests/Woodlands

热带干旱森林/疏林 Tropical dry forests/Woodlands

温带阔叶林 Temperate broad-leaf forests

常绿硬叶林 Evergreen sclerophyllous forests

暖荒漠/半荒漠 Warm deserts/Semi-deserts

热带草地/稀树草原 Tropical grasslands/Savannas

温带草地 Temperate grasslands

混合岛屿系统 Mixed island systems

苔原群落 Tundra communities

混合山地系统 Mixed mountain systems

寒冬荒漠 Cold-winter deserts

湖泊系统 Lake systems

### 2.3 Olson 系统

Olson 等(1983)的全球生态图,描绘了 1980 年的世界主要生态系统类型,所列的区域或多或少都带有预测的性质,根据每个国家活植被中每单位面积碳量的估计,对主要生态系统类型按国家进行了分类。Olson 等(1985)发展了一个基于优势农业、潜在植被数据、同期陆地调查和研究地生物量数据的全球生态系统图,他们定义了 7 个大组,分成 44 个镶嵌生态单元,分辨率为  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  栅格。虽然分辨率较高,但赤道上的一个栅格也将包括  $3000 \text{ km}^2$ (相当于  $55 \text{ km} \times 55 \text{ km}$  的方格),这限制了在国家水平上的应用。该系统的价值之一是试图处理过渡系统和干扰系统,并增加了碳贮存和全球碳循环的研究。系统中的植被数据已被 Prentice 等(1992)运用到全球生物群区模型中。

热带山地 Tropical mountains

常绿 Eq. evergreen

热带干旱森林 Tropical dry forest

寒草地/灌丛 Cold grass/shrub

暖草地/灌丛 Warm grass/shrub

中度放牧 Med. grazing

热带稀树草原 Tropical savanna

矮小密灌丛 Low scrub

半干旱木本疏林 Semiarid woods

肉质灌丛 Succulent thams

沙荒漠 Sand desert

热荒漠 Hot desert

海滨边缘 Coastal edges

红树林 Mangroves

草本沼泽 Marsh swamp

石楠灌丛 Heatha maars

沼泽,沼泽木本疏林 Bogs, bog woods

暖草本/木本 Warm field/Woods

冷木本/草本 Cool woods/Fields

暖木本/草本 Warm woods/Fields

冷草本/木本 Cool field/Woods

暖农田 Warm farms

- 暖灌溉 Warm irrigated  
 水稻田 Paddyland  
 冷灌溉干旱地 Cool irrigated drylands  
 冷耕地 Cool crops  
 冷荒漠 Cool desert  
 寒灌溉 Cold irrigated  
 暖针叶 Warm conifer  
 绿阔叶 Broadleaved evergreen  
 暖落叶 Warm deciduous  
 暖混交 Warm mixed  
 冷混交 Cool mixed  
 针叶 Cool conifer  
 西伯利亚稀树草原 Siberian parks  
 主泰加林 Main taiga  
 南泰加林 Southern taiga  
 北泰加林 Northern taiga  
 木本泰加林 Wooded taiga  
 苔原 Tundra  
 石荒漠 Rock desert  
 极地荒漠 Polar desert  
 南极 Antarctica  
 冰 Ice  
 水 Water

#### 2.4 Matthews 系统

Matthews(1983)在研究全球变化和土地利用与土地覆盖时,根据 UNESCO(1973)的世界植被分类方案,将世界植被主要生态系统划分为 32 个类型,并估算了其面积。Prentice(1990)分析了该系统中 29 种主要植被型生物群区与气候的密切关系。

- 热带常绿雨林,红树林 Tropical evergreen rainforest, mangrove forest  
 热带/亚热带常绿季节阔叶林 Tropical/subtropical evergreen seasonal broad-leaved forest  
 亚热带常绿雨林 Subtropical evergreen rainforest  
 温带/亚极地常绿雨林 Temperate/subpolar evergreen rainforest  
 温带常绿季节阔叶林,夏雨 Temperate evergreen seasonal broad-leaved forest, summer rain  
 常绿阔叶硬叶林,冬雨 Evergreen broad-leaved sclerophyllous forest, winter rain  
 热带/亚热带常绿针叶林 Tropical/subtropical evergreen needle-leaved forest  
 温带/亚极地常绿针叶林 Temperate/subpolar evergreen needle-leaved forest  
 热带/亚热带干旱落叶林 Tropical/subtropical drought-deciduous forest  
 寒落叶林,含常绿树 Cold-deciduous forest, with evergreens  
 寒落叶林,不含常绿树 Cold-deciduous forest, without evergreens  
 旱生林/疏林 Xeromorphic forest/woodland

常绿阔叶硬叶疏林 Evergreen broad-leaved sclerophyllous woodland

常绿针叶疏林 Evergreen needle-leaved woodland

热带/亚热带干旱落叶疏林 Tropical/subtropical drought-deciduous woodland

寒落叶疏林 Cold-deciduous woodland

常绿阔叶灌丛地/密灌丛, 常绿矮灌丛地 Evergreen broad-leaved shrubland/thicket, evergreen dwarf shrubland

常绿针叶或小叶灌丛地/密灌丛 Evergreen needle-leaved or microphyllous shrubland/thicket

干旱落叶灌丛地/密灌丛 Drough-deciduous shrubland/thicket

寒落叶亚高山/亚极地灌丛地, 寒落叶矮灌丛地 Cold-decious subalpine/subpolar shrubland, cold-deciduous dwarf shrubland

旱生灌丛地/矮灌丛地 Xeromophic shrubland/dwarf shrubland

北极/高山苔原, 蕨类沼泽 Arctic/alpine tundra, mossy bog

高/中/矮草地, 覆盖 10% ~ 40% 的木本树种 Tall/medium/short grassland with 10% ~ 40% woody tree cover

高/中/矮草地, 覆盖 < 10% 的木本树种 Tall/medium/short grassland with < 10% woody treecover or tuft-plant cover

高/中/矮草地, 覆盖灌丛 Tall/medium/short grassland with shrub cover

高草地, 无木本覆盖 Tall grassland, no woody cover

中草地, 无木本覆盖 Medium grassland, no woody cover

草甸, 矮草地, 无木本覆盖 Meadow, short grassland, no woody cover

杂类草群系 Forb formations

荒漠 Desert

冰 Ice

耕地 Cultivation

## 2.5 Bailey 系统

气候仅是自然环境的一种组分, 仅能用来预测潜在生态系统类型, 为了气候模拟和资源管理的目的, 很有必要为分类系统增加其他因子, 如土壤条件和土地利用, 利用多变量的结合, 如生境类型、气候、土地利用等来进行生物群区分类 (Watson 等, 1995)。Bailey(1981), Bailey 和 Hogg(1986)把自然环境结合到分类系统中, 以界定一系列全球生态区域。该系统利用详细的生物气候分类和景观的几个特征, 如陆地类型(土壤类型、水系格局)和海拔高度, 区分相似群落的一般模式。随着变量数目的增加, 建立了更详尽的区域分类, Bailey(1989a,b)的大陆生态区域(ecoregions of the Continents)表示了基于现有气候和植被数据的区域尺度上全球生态系统的分布, 其描述生态系统所用的三个等级水平是 4 个域(domains), 30 个区(divisions)和 96 个省(provinces), 并意图从生态学的角度划分相似地区的界限, 以预测管理或全球变化的影响。该系统把生态系统的复合体定义为大的生物群区类型, 因此描绘了普遍意义上全球生态系统的分布, 由此可计算出每个区域的面积和占全球陆地面积的百分数(Groombridge, 1992)。

极地域 Polar Domain

冰盖 Icecap

- 冰盖(山地)Icecap (M)  
苔原 Tundra  
苔原(山地)Tundra (M)  
亚北极 Subarctic  
亚北极(山地)Subarctic (M)  
湿润温带域 Humid Temperate Domain  
暖大陆 Warm continental  
暖大陆(山地)Warm continental (M)  
热大陆 Hot continental  
热大陆(山地)Hot continental (M)  
亚热带 Subtropical  
亚热带(山地)Subtropical (M)  
海洋 Marine  
海洋(山地)Marine (M)  
普列利 Prairie  
普列利(山地)Prairie (M)  
地中海 Mediterranean  
地中海(山地)Mediterranean (M)  
干旱域 Dry Domain  
热带/亚热带草原 Tropical/Subtropical steppe  
热带/亚热带草原(山地)Tropical/Subtropical steppe (M)  
热带/亚热带荒漠 Tropical/Subtropical desert  
热带/亚热带荒漠(山地)Tropical/Subtropical desert (M)  
温带草原 Temperate steppe  
温带草原(山地)Temperate steppe (M)  
温带荒漠 Temperate desert  
温带荒漠(山地)Temperate desert (M)  
潮湿热带域 Humid Tropical Domain  
稀树草原 Savanna  
稀树草原(山地)Savanna (M)  
雨林 Rainforest  
雨林(山地)Rainforest (M)

## 2.6 Woodward 系统

Woodward(1986), Woodward 和 Williams(1987)研究了全球和局部尺度上气候对植物分布的生理生态机理的影响,在全球尺度上利用极端最低温度、年降水量和水分平衡预测了世界上主要植被类型的分布界限,与现有观测的植被类型有相当好的相关性(表 1)。并建立了一个世界性模型,预测了 CO<sub>2</sub> 加倍后的植被变化情况,讨论了对生物多样性的影响(Woodward, 1992)。

表 1 Woodward 基于最低温度、年降水量和水分平衡的植被类型

最低温度(℃)	年降水量(mm)	植被类型
1 ≥ 0	≥600	常绿, 阔叶 Evergreen, broadleaf
2 ≥ 0	≥600	落叶, 阔叶 Deciduous, broadleaf
3 ≥ 0	< 600	草地 / 灌丛 Grassland/shrub
4 ≥ -15, < 0	≥600	常绿, 抗冻害, 阔叶 Evergreen, frost resistant, broadleaf
5 ≥ -15, < 0	< 0	< 600 草地 / 灌丛 Grassland/shrub
6 ≥ -40, < -15	< -15	≥600 落叶, 阔叶 Deciduous, broadleaf
7 ≥ -40, < -15	< -15	< 600 草地 / 灌丛 Grassland/shrub
8 < -40	≥400	常绿或落叶, 针叶 Evergreen or deciduous, needle leaf
9 < -40	< 400	草地 / 灌丛 Grassland/shrub

## 2.7 Stoltz 系统

Stoltz 等(1989)建立了一个粗放的陆地生物群区(Terrestrial biomes)系统,主要是依据植被类型的外貌来划分陆地生物群区。与其他分类不同的是,该系统将岩石、冰和沙,耕地,城市分别作为一种生物群区类型,突出了植被特征之外的非生物和人工生物群区类型。该陆地生物群区系统如下:

热带雨林 Tropical rain forest

热带季雨林 Tropical seasonal forest

温带常绿林 Temperate evergreen forest

温带落叶林 Temperate deciduous forest

北方林 Boreal forest

疏林和灌丛 Woodland and shrubland

稀树草原 Savanna

温带草地 Temperate grassland

苔原和高山草甸 Tundra and alpine meadow

荒漠小灌丛 Desert scrub

岩石、冰和沙 Rock, ice, and sand

耕地 Cultivated land

城市 Urban

## 2.8 Prentice 模型

Prentice 等(1992)建立了一个全球生物群区模型,从植物生理和优势度、土壤特性及气候来预测全球植被格局,共产生了 17 个生物群区类型。主要驱动变量是最冷月平均温度、大于 5°C 的年积温、同季节降水相关的干燥指数和土壤有效水含量,将优势植物类型合并后划分了全球生物群区。该模型将有助于评价未来气候变化对潜在自然植被格局、土地表面特征和陆地碳贮存的影响,以及分析过去气候变化对这些变量的影响。

热带雨林 Tropical rain forest

热带季节林 Tropical seasonal forest

热带干旱林/稀树草原 Tropical dry forest/savanna

阔叶常绿/暖混交林 Broad-leaved evergreen/warm mixed forest

温带落叶林 Temperate deciduous forest

冷混交林 Cool mixed forest

- 冷针叶林 Cool conifer forest  
 北方林 Taiga  
 寒混交林 Cold mixed forest  
 寒落叶林 Cold deciduous forest  
 干旱疏林/密灌丛 Xerophytic woods/scrub  
 暖草地/灌丛 Warm grass/shrub  
 冷草地/灌丛 Cool grass/shrub  
 苔原 Tundra  
 热荒漠 Hot desert  
 半荒漠 Semidesert  
 冰/极地荒漠 Ice/polar desert

## 2.9 Box 系统

Box(1981)分析了多个气候变量与多种生活型的相关性,在此基础上得出了90个陆地植物生长型及其气候模型,提供了一套被结构和季节变化(物候—外貌)所限定的世界生态植物型,形成了一个全球生物群区模型。然而,这些植被或植物的生态外貌生长型仅仅被气候所限定,未能完全符合生理学家和模拟者的要求,也未被大家所普遍接受。

随着IGBP对植物功能类型(Plant Functional Types PFTs)的定义和植物功能型分类的发展(Grime, 1993; Smith等, 1993),Box(1995)在确定限制陆地植物型,尤其是树木类型的主要环境因子及其生理机制的基础上,构建了一个世界潜在优势植被类型的模型,以估测所需要的小植被类型数量。这些主要气候变量是最热月均温、最冷月均温、最冷月平均最低温度、绝对最低温、年生物温度、月均温的年变幅、年均降水、最高月均降水量、最低月均降水量、最热月平均降水、年水分指数(降水/可能蒸散),限制植物和植被分布的主要气候机理表现在植物对极端温度的耐受力、在寒冷气候里对温暖的需求、对短期干旱脱水的耐受性及对长期的水分效率和平衡的适应性。由此产生了世界物候—外貌生物群区类型及其相关的优势植物型,大约有40个基于气候和功能特征的全球潜在优势植被类型,奠定了鉴别可能的基本植物和植被功能型的可靠基础。

### 1. 热带雨林 Tropical Rainforests

- 热带雨林(低地) Tropical Rainforest (lowland)
- 热带山地雨林 Tropical Montane Rainforest
- 热带亚高山(云)森林 Tropical Subalpine (cloud) Forest
- 亚热带雨林 Subtropical Rainforest

### 2. 雨绿/半常绿森林/疏林/灌丛 Raingreen/Semi-Evergreen Forests/Woodland/Shrub

- 热带半常绿森林 Tropical Semi-Evergreen Forest
- 雨绿森林 Raingreen Forest
- 雨绿灌丛(包括山地) Raingreen Shrub (incl. montane)

### 3. 常绿阔叶林 Evergreen Broad-Leaved Forests

- 热带干常绿林 Tropical Dry Evergreen Forest
- 常绿阔叶林 Evergreen Broad-Leaved Forest
- 地中海常绿林 Mediterranean Evergreen Forest

- 冷温带常绿阔叶林 Cool-Temperate Evergreen BL Forest
  - 亚极地常绿阔叶林 Subpolar Evergreen BL Forest
4. 温带雨林(常绿阔叶/混交/针叶) Temperate Rainforest (evergreen BL/mixed/NL)
5. 夏绿阔叶林和疏林 Summergreen BL Forests and Woods
- 夏绿阔叶林 Summergreen Broad-Leaved Forest
  - 夏绿阔叶疏林 Summergreen Broad-Leaved Woodland
  - 亚极地夏绿阔叶林 Subpolar Summergreen BL Forest
6. 针叶常绿林/疏林 Needle-Leaved Evergreen Forests/Woods
- 干旱针叶林 Dry Conifer Forest
  - 地中海针叶林 Mediterranean Conifer Forest
  - 北方针叶林(常绿,包括干旱) Boreal Conifer Forest (EG, incl. dry)
  - 亚极地/亚高山针叶疏林 Subpolar/Subalpine Conifer Woodland
7. 夏绿针叶(落叶松)林/疏林 Summergreen Needle-Leaved (larch) Forest/Woods
8. 亚湿润疏林/灌丛 Subhumid Woodlands/Shrub
- 半常绿干旱疏林/灌丛 Semi-Evergreen Dry Woodland/Shrub
  - 地中海疏林/灌丛 Mediterranean Woodland/Shrub
9. 灌丛地(季节的/常绿) Shrublands (seasonal-evergreen)
10. 草地 Grasslands
- 热带稀树草原 Tropical Savanna
  - 温带草地 Temperate Grassland
  - 冷沿海草地 Cool-Maritime Grassland
11. 热带高山植被 Tropical Alpine Vegetation
- 帕拉莫 Paramo
  - 普那 Puna
12. 苔原和相关的高山矮曲林/矮灌丛 Tundra and related Krummholz/Dwarf-Shrub
- 冷常绿阔叶灌丛/高山矮曲林 Cool-Evergreen BL Shrub/Krummholz
  - 冷夏绿阔叶灌丛/高山矮曲林 Cool-Summergreen BL Shrub/Krummholz
  - 亚高山针叶矮曲林 Subalpine Conifer Krummholz
  - 极地/高山苔原 Polar/Alpine Tundra
  - 沿海苔原 Maritime Tundra
13. 半荒漠灌丛 Semi-Desert Shrub
14. 荒漠(极端) Deserts (extreme)
- 干荒漠 Arid Desert
  - 寒荒漠/半荒漠 Cold Desert/Semi-Desert
  - 极地/亚冰雪寒荒漠 Polar/Subnival Cold-Desert
15. 冻荒漠 Ice Desert

### 3 中国的陆地生物群区类型

我国地域辽阔,植被类型异常复杂,从森林、草原到荒漠,以及从热带雨林到寒温带针叶林和山地冻原,应有尽有,而且在青藏高原,具有世界上独一无二的大面积的高寒植被。这样,除

赤道雨林外,地球上大多数的植被类型均可在我国找到,这是任何其他国家所不能比拟的。

中国陆地生物群区类型的划分首先是从现代的植被分类和区划开始的。著名的有侯学煜(1988)和吴征镒(1980)的系统。

### 3.1 侯学煜系统

侯学煜(1960)的《中国的植被》应是第一部关于我国植被分类的专著,根据外貌、结构、区系和生态地理环境等特征,把中国植被划分为27个植被型,近60个群系纲。侯学煜(1988)在其《中国自然地理:植物地理》中对中国主要植被类型和植被区划进行了新的总结。中国主要植被类型和植被分区分别为:

- 针叶林
- 阔叶林和疏林
- 灌丛和萌生矮林
- 荒漠(含旱生灌丛)
- 草原和稀树灌木草原
- 草甸
- 草本沼泽
- 寒温带针叶林区
- 温带针叶树落叶阔叶树混交林区
- 暖温带落叶阔叶林区
- 东部亚热带常绿阔叶林区
- 西部亚热带常绿阔叶林(旱性)区
- 东部热带季雨林、雨林区
- 西部热带季雨林、雨林区
- 温带草原区
- 暖温带草原区
- 高寒草甸和草原区
- 温带荒漠区
- 暖温带荒漠区
- 高寒荒漠区

### 3.2 吴征镒系统

以吴征镒为主编的中国植被编委会(1980),较系统地整理总结了我国长期积累的植被资料,出版了《中国植被》,根据群落学—生态学的原则,将全国植被分为10个植被型组,29个植被型,560多个群系。按照中国植被区划的原则和单位(吴征镒,1980),可将我国划分为:8个植被区域(包括16个植被亚区域),18个植被地带(包括8个植被亚地带)和85个植被区。

- 针叶林
- 阔叶林
- 灌丛和灌草丛
- 草原和稀树草原
- 荒漠(包括肉质刺灌丛)
- 冻原

高山稀疏植被

草甸

沼泽

水生植被

寒温带针叶林区域

温带针阔叶混交林区域

暖温带落叶阔叶林区域

亚热带常绿阔叶林区域

热带季雨林、雨林区域

温带草原区域

温带荒漠区域

青藏高原高寒植被区域

### 3.3 中国陆地生物群区类型

在中国以往的生物多样性保育和类型划分(薛达元和蒋明康,1995),全球变化研究(张新时,1993),以及作为保育生物多样性的基地和重要措施的自然保护区的建设和管理中(王献溥等,1989; 薛达元和蒋明康,1994),所涉及到的中国陆地生物群区类型的划分大都是单纯依据现代的植被分类和植被区划,如吴征镒主编的《中国植被》(1980)和侯学煜(1988)的系统。但这种植被分类和区划往往只分别偏重于类型或地理分布,而没有真正体现生物群区的概念内涵,以及植物功能类型的概念内容。当前,在中国的生物多样性保育,全球变化与陆地生态系统的研究中,迫切需要建立一套完整的中国生物群区分类,以使各项研究有据可依。

中国植被分类中的植被型以及植被区划中的植被区域和亚区域,均可包含在生物群区类型中。在前人研究成果的基础上,结合近期对中国植被与气候关系的研究(张新时,1989a,b; 张新时等,1993; 张新时,1993; Fang 等,1989,1990; 方精云,1991; Sun 等,1991; 周广胜等,1996),确定中国的陆地生物群区类型如下:

#### 1. 热带雨林、季雨林 Tropical rainforests and seasonal rainforests

北热带雨林、半常绿季雨林 Northern tropical rainforests and seasonal semi-evergreen rainforests

南热带湿润雨林、季雨林 Southern tropical humid rainforests and seasonal rainforests

南海珊瑚岛常绿林 South China Sea atoll evergreen forests

红树林 Mangrove forests

#### 2. 亚热带常绿阔叶林 Subtropical evergreen broadleaved forests

北亚热带/山地常绿落叶阔叶混交林 Northern/mountain mixed evergreen-deciduous-broadleaved forests

中亚热带典型常绿阔叶林 Middle subtropical typical evergreen broadleaved forests

南亚热带季风常绿阔叶林 Southern subtropical monsoon evergreen broadleaved forests

山地/硬叶常绿阔叶林 Mountain/sclerophyllous evergreen broadleaved forests

#### 3. 暖温带落叶阔叶林 Warm temperate deciduous broadleaved forests

#### 4. 温带针阔叶混交林 Temperate mixed coniferous-broadleaved forests

#### 5. 寒温带落叶针叶林 Cool temperate (boreal) deciduous coniferous forests

6. 山地寒温性针叶林 Mountain cool-temperate coniferous forests
7. 针叶疏林 Coniferous woodlands
  - 热带/亚热带针叶疏林 Tropical/subtropical Coniferous woodlands
  - 温带针叶疏林 Temperate Coniferous woodlands
8. 热带/亚热带/温带灌丛和灌草丛 Tropical/subtropical/temperate grasslands
9. 稀树草原 Sawannas
10. 温带草原 Temperate steppes
11. 高寒草原 Alpine steppes
12. 温带荒漠 Temperate deserts
13. 高寒荒漠 Alpine deserts
14. 低地草甸 Lowland meadows
15. 高寒草甸 Alpine meadows
16. 高山冻原/垫状植被 Alpine tundras/polsters
17. 沼泽和湿地 Bogs and wetlands
18. 水 Water
19. 冰 Ice
20. 耕地 Cultivation
21. 住区 Residential area

#### 4 讨论

有关生物群区的分类仍然存在许多问题。一般来说,生态单元的分类是基于物种的鉴定,这些物种在一个地区以各式各样的自然特征存在于生态单元中。例如,大多数的陆地生态系统一般都基于植物群落而被识别,它们是具有相似的植物种类组成和结构的地区,不同的物种通常与宽广的地理区域相互紧密联结。尽管在一个特殊的地理区域内,具有相似生态需求的物种被期望具有相似的分布,但物种的分布并非依赖于其他物种的存在,而一般依赖于自然环境和历史地理因素。如果群落的概念被接受了,那么群落定义得越严格,它就变得越区域性,因此就越限制其应用(Groombridge, 1992)。

另一方面,生境分类是基于一个地区的自然特征和外貌及物种组成的独特性,这就使得一个概念的外延过大,如“森林”这个名词,既可用于高度多样的热带雨林,又可用作针叶纯林,两个系统都不具有或实质上不具有相同的种。更进一步,这些普遍性的名词实际上不可能定义和定界,例如,树木覆盖一个地区的一定面积称为疏林,这等于未定义,而且使用的任何界限通常是任意的。这使得生境分类和绘图成为一个困难的、有疑问的任务(Groombridge, 1992)。

实质上生态系统是没有严格范围的,有争议的边界可根据研究者的方便而设定。而且,生态系统和生物群区的分类不仅依赖于种类组成和外貌,也强调其结构和功能(Watson, 1995)。从全球尺度上来看,具有不同种类组成的生态系统可能属于相同的生物群区,如南美洲、非洲和亚洲的热带雨林。

在大尺度上,生态系统结构的差异与控制的环境变量,尤其是气候密切相关,因此生物群区的分类可利用非常广泛的参数,如植被的结构和外貌,及气候条件等(Watson, 1995),而土壤特性(Prentice 等, 1992)和遥感信息(Running 等, 1994)也是很好的分类参量。

此外,还存在一个尺度的问题,在全球尺度上划分的生物群区是宏观的、概括性的,如果在

更高分辨率的景观尺度上,这些生物群区可被分成更小的分类单元,此时分类的指标体系可能需要改变。

尽管如此,人们仍在努力尝试进行全球尺度的生物群区分类和区域尺度上的景观分类研究,以期更准确地描述世界环境,为生物多样性保育和全球变化研究提供有用的基础。

### 参 考 文 献

- 王伯荪. 1987. 植物群落学. 北京: 高等教育出版社, 4-10
- 王献溥, 金鉴明, 王礼端, 杨继盛编著. 1989. 自然保护区的理论与实践. 北京: 中国环境科学出版社, 23
- 中国植被编辑委员会. 1980. 中国植被. 北京: 科学出版社
- 方精云. 1991. 我国森林植被带的生态气候学分析. 生态学报. 11(4): 377-387
- 张新时. 1989a. 植被的 PE(可能蒸散)指标与植被—气候分类(一), 几种主要方法与 PEP 程序介绍. 植物生态学与地植物学报. 13(1): 1-9
- 张新时. 1989b. 植被的 PE(可能蒸散)指标与植被—气候分类(二), 几种主要方法与 PEP 程序介绍. 植物生态学与地植物学报. 13(4): 197-207
- 张新时, 杨莫安, 倪文革. 1993. 植被的 PE(可能蒸散)指标与植被—气候分类(三), 几种主要方法与 PEP 程序介绍. 植物生态学与地植物学报. 17(2): 97-109
- 张新时. 1993. 研究全球变化的植被—气候分类系统. 第四纪研究. 2: 157-169
- 张新时. 1995. 对生物多样性的几点认识. 见: 钱迎倩, 甄仁德主编. 生物多样性研究进展—首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 10-12
- 周广胜, 张新时. 1996. 全球变化的中国气候—植被分类研究. 植物学报. 38(1): 8-17
- 侯学煜. 1960. 中国的植被. 北京: 人民教育出版社
- 侯学煜. 1988. 中国自然地理—植被地理(中国植被地理). 北京: 科学出版社, 17-50, 115-125
- 薛达元, 蒋明康. 1994. 中国自然保护区类型划分标准的研究. 见李渤生, 詹志勇主编. 绿满东亚第一届东亚地区国家公园与保护区会议暨 CNPPA/IUCN 第 41 届工作会议文集. 北京: 中国环境科学出版社, 203-206
- 薛达元, 蒋明康. 1995. 中国生物多样性的就地保护. 见: 钱迎倩, 甄仁德主编. 生物多样性研究进展—首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 52-57
- Bailey, R. G. 1981. Integrated approaches to classifying land as ecosystems. In: Laban, P. (ed.). *Proceeding of the Workshop on Land Evaluation for Forest*. ILRI, Wageningen, 95-109
- Bailey, R. G. and H. C. Hogg. 1986. A world ecoregions map for resource partitioning. *Environmental Conservation*. 13: 195-202
- Bailey, R. G. 1989a. Ecoregions of the Continents, Department of Agriculture, Forest Service, Washington D. C.
- Bailey, R. G. 1989b. Explanatory supplement to ecoregions map of the continents. *Environmental Conservation*. 16(4): 307-309
- Botkin, D. B., M. Davis, J. Estes, A. Knoll, R. V. O' Neill, L. Orgel, L. B. Slobotkin, J. C. G. Walker, J. Walsh, and D. C. White. 1986. *Remote Sensing of the Biosphere*. Washington, D. C: National Academy Press, 135
- Box, E. O. 1981. *Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modeling in Phytogeography*. The Hague: Dr W. Junk BV, Publishers
- Box, E. O. 1987. Modeling vegetation-environment relationships with Mediterranean examples. *Annali di Botanica*. 35: 7-36
- Box, E. O. 1995. Factors determining distributions of tree species and plant functional types. In: T. Hirose and B. H. Walker (eds.). *Global change and terrestrial ecosystems in monsoon Asia*. *Vegetatio*. 121: 101-116
- Cramer, W. P. and R. Leemans. 1993. Assessing impacts of climate change on vegetation using climate classification systems. In: Solomon, A. M. and Shugart, H. H. (eds.). *Vegetation Dynamics and Global Change*. London: Chapman and Hall, 190-217
- Ellenberg, H. and D. Mueller Dombois. 1967. Tentative physognomic-ecological classification of plant formations of the earth. *Ber. Geobot. Inst. ETH Stiftg. Rubel*, 37: 21-55

- Emanuel, W. R., H. H. Shugart and M. P. Stevenson. 1985a. Climate change and the broad scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. *Climatic Change*. 7: 29–43
- Emanuel, W. R., H. H. Shugart and M. P. Stevenson. 1985b. Response to comment: Climatic change and the broad scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. *Climatic Change*. 7: 457–460
- Fang J Y and K. Yoda. 1989. Climate and vegetation in China (II). Distribution of main vegetation types and thermal climate. *Ecol. Res.* 4: 71–83
- Fang, J. Y. and K. Yoda. 1990a. Climate and vegetation in China (III). Water balance and distribution of vegetation. *Ecol. Res.* 5: 9–23
- Grime, J. P. 1993. Vegetation functional classification systems as approaches to predicting and quantifying global vegetation change. In: Solomon, A. M. and Shugart, H. H. (eds.). *Vegetation Dynamics and Global Change*. London: Chapman and Hall, 293–305
- Groombidge, B. (ed.). 1992. *World Conservation Monitoring Center: Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources*. London: Chapman and Hall, 248–253
- Henderson-Sellers, A. 1991. Developing an interactive biosphere for global climate models. *Vegetatio*. 91: 149–166
- Henderson Sellers, A. 1993. Continental vegetation as a dynamic component of a global climate model: a preliminary assessment. *Climatic Change*. 23: 337–377
- Holdridge, L. R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*. 105: 367–368
- Holdridge L. R. 1967. *Life Zone Ecology*. San Jose, Costa Rica: Tropical Sciene Center
- Koppen, W. 1884. Die Warmezonen der Erde, nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet. *Meteorologische Zeitschrift*. 1: 215–226
- Leemans, R. 1989. Possible changes in natural vegetation patterns due to a global warming, In: Der Treibhauseffekt: Das Problem—Mögliche Folgen-Erforderliche Massnahmen (eds.). A. Hackl, *Akademie für Umwelt und Energie*. Austria: Laxenburg, 105–122
- Leemans, R. and Cramer, W. 1990. The NASA climate database for land areas on a grid 0.5° resolution. WP-90-41. *International Institute for Applied Systems Analysis*. Austria: Laxenburg
- Matthews, E. 1983. Global vegetation and land use: new high-resolution data bases for climate studies. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 22: 474–487
- Neilson, R. P., G. A. King, R. L. Velice, J. M. Lenihan, D. Marks, J. Dolph, B. Campbell, G. Glick. 1989. Sensitivity of ecological landscapes and regions to global change. U. S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Corvallis
- Neilson, R. P., G. A. King. 1991. Continental scale biome responses to climatic change, In: *Ecological Indicators* (eds.) D. Mckenzie, E. Hyatt and J. MacDonald, Elsevier. Essex: Science Publishers Ltd..
- Olson, J. S., J. A. Watts and L. J. Allison. 1983. *Carbon in Live Vegetation of Major World Ecosystems*. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory
- Olson, J. S., J. A. Watts and L. J. Allison. 1985. *Major World Ecosystem Complexes Ranked by Carbon in Live Vegetation: a database*. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory
- Post, W. M., W. R. Emanuel, P. J. Zinke and A. G. Stangenberger. 1982. Soil carbon pools and world life zones. *Nature*. 198: 156–159
- Prentice, K. C. 1990. Bioclimatic distribution of vegetation for general circulation model studies. *Journal of Geophysical Research*. 95(D8): 11811–11830
- Prentice, I. C., Cramer, W., Harrison, S. P., Leemans, R., Monserud, R. A. and Solomon, A. M. 1992. Global biome model: predicting global vegetation patterns from plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*. 19: 117–134
- Rubel, E. 1930. *Pflanzengesellschaften der Erde*, Bern: Hans Huber, 464
- Running, S. W., T. R. Loveland and L. L. Pierce. 1994. A vegetation classification logic based on remote sensing for use in global biogeochemical models. *Ambio*. 23(1): 77–81

- Smith, T. M. H. H. Shugart, F. I. Woodward and P. J. Burton. 1993. Plant functional types. In: Solomon, A. M. and Shugart, H. H. (eds.). *Vegetation Dynamics and Global Change*. London: Chapman and Hall, 272–292.
- Stolz, J. F. D. B. Botkin and M. N. Dastoor. 1989. The integral biosphere, In: Rambler, M. B. I. Margulis, R. Fester (eds.). *Global Ecology: Towards a Science of the Biosphere*. San Diego: Academic Press, 36–37.
- Sun, C. Y. and Feoli, E. 1991. A numerical phytoclimatic classification of China. *Int. J. Biometeorology*. 35:76–87.
- Troll, C. and Paffen, K. H. 1964. Karte der Jahreszeiten-Klimate der Erde. *Erdkunde. Arch. Wissensch. Geogr.* 18:5–28.
- Troll, C. 1966. Seasonal climates of earth, In: World Maps of Climatology (Landsberg, H. E. Lippmann, H. Paffen, Kh. and Troll, C. eds.). Springer-Verlag. 19–28.
- Udvardy, M. D. F. 1975. A Classification of the Biogeographical Provinces of the World, IUCN Occasional Paper No. 18, IUCN, Morges, Switzerland.
- UNESCO. 1973. International Classification and Mapping of Vegetation. Paris, UNESCO.
- Von Humboldt, A. and Bonpland, A. 1805. *Essai sur la géographie des plantes; accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales*. Paris.
- Watson, R. T. and V. H. Heywood (eds.). 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press, 94–104.
- Whittaker, R. H. 1975. *Communities and Ecosystems* (2nd ed.). New York: Macmillan Publishing Co. Inc.
- Woodward, F. I. 1987. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Woodward, F. I. and Williams, B. G. 1987. Climate and distribution at global and local scales. *Vegetatio*. 69:189–197.
- Woodward, F. I. 1992. A review of the effects of climate on vegetation: ranges, competition and composition, In: Peters, R. L. and Lovejoy, H. E. (eds.). *Global Warming and Biological Diversity*. New Haven and London: Yale University Press.
- Zhang X. S. and D. A. Yan. 1993. Study on climate vegetation interaction on China. *Journal of Environmental Sciences (China)*. 5(2): 130–149.

## TERRESTRIAL BIOME TYPES FOR BIODIVERSITY CONSERVATION AND GLOBAL CHANGE STUDIES

*Ni Jian , Zhang Xinshi*

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Biome is an important concept for biodiversity conservation and global change studies. Based on the development of the concept of biome, the nine major terrestrial biome classification systems of the world were reviewed. The terrestrial biome types of China were classified according to the current vegetation classification and division of China. These types are of value for biodiversity conservation and global change studies in China.

**Key words:** Biodiversity, Global change, Terrestrial biome, Plant functional types

# 福建武平帽布天然米槠林皆伐火烧后物种多样性变化的研究

游水生<sup>1</sup> 何育城<sup>2</sup> 吴明盛<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>福建林学院林学系,南平 353001)

(<sup>2</sup>福建省武平县林业委员会,武平 364307)

**摘要** 本文研究了福建武平天然米槠林火烧前后植物区系和物种变化规律,结果表明:乔木树种变化较小,有3种侵入;而灌木层、草本层和层间植物变化较大,分别有7种、8种和16种侵入,不过有1种、3种和1种衰退。火烧前后属的成分都以泛热带和热带亚洲为主,但火烧后侵入属以世界分布和泛热带属为多。火烧后各层次物种多样性指数有所增加,其原因是由于喜光树种的侵入,使得物种数增加,总个体数也增加,同时均匀度增加,优势度下降。

**关键词** 天然米槠林 火烧 物种多样性

我国南方林区常采用砍伐阔叶树,经过火烧整地,营造针叶林。在这个过程中,生物多样性降低,破坏了生态平衡,导致土地生产力下降,病虫害日益猖獗,森林稳定性下降等一系列问题,为了保护人类的生存环境和提高森林的稳定性,恢复常绿阔叶林原有作用和地位,作者于1993年12月至1995年2月进行了天然米槠林火烧前后物种变化规律研究,为火烧后米槠群落自然演替提供基础资料。

## 1 自然概况

该群落位于福建武平帽布采育场小坪坑工区,东经 $116^{\circ}4'$ ,北纬 $25^{\circ}9'$ 。该地处于武夷山脉向南延伸的最南端,海拔560 cm,坡位中坡,坡向南偏东。本区地处中亚热带,属于亚热带海洋性气候,年平均气温 $18.2^{\circ}\text{C}$ ,1月平均气温 $7.2^{\circ}\text{C}$ ,7月平均气温为 $26.7^{\circ}\text{C}$ ,日最高气温 $38^{\circ}\text{C}$ ,日最低气温 $-6.3^{\circ}\text{C}$ ,年均霜期97 d,最长达155 d,偶有降雪,年平均降水量1542 mm,年均相对湿度80%,土壤由花岗岩发育而成的黄红壤,土层厚25~35 cm。

## 2 研究方法

火烧前资料于1993年2月取得,方法是在天然林内选取较典型的米槠群落设立样方,样方大小定为 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ ,共设立3个样方,样地号分别为No1、No2、No3,每个样方内又设 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 的小样方16个,共48块小样方,样地总面积为 $1200\text{ m}^2$ (游水生等,1995)。在各小样方内,对林木进行每木调查,记录每个个体的高度、胸径、冠幅和生活力等,同时对样方内出现乔木幼树,幼苗,灌木,草本,藤本同样记载。该群落同年5~12月被皆伐后按传统方法火烧(杉木林区称为炼山),火烧采伐剩余物高度为30 cm左右。1995年2月作者对该固定标准地进行重复调查,调查方法同火烧前。

## 3 结果分析

从表1可以看出,火烧前有38科58属92种,其中蕨类植物有4科4属4种,裸子植物有2科2属2种,被子植物有32科52属86种(双子叶植物有28科47属81种,单子叶植物有4

科 5 属 5 种)。火烧后有 46 科 83 属 125 种, 其中蕨类植物有 5 科 5 属 5 种, 裸子植物 2 科 2 属有 2 种, 被子植物有 39 科 78 属 118 种(双子叶植物有 34 科 72 属 111 种, 单子叶植物有 5 科 6 属 7 种), 火烧后增加了 8 科 25 属 33 种, 消退了 2 科 5 属 5 种。

### 3.1 各层次保留种、消退种、侵入种

#### 3.1.1 乔木层种类变化

火烧前乔木层由 30 种树种组成, 而烧后的乔木树种有 33 种, 其中保留种有 30 种, 分别为马尾松 (*Pinus massoniana*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、拉氏栲 (*Castanopsis lamontii*)、罗浮栲 (*C. fabri*)、米槠 (*C. carlesii*)、甜槠 (*C. eyrei*)、丝栗栲 (*C. fargesii*)、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*)、樟属的 1 种 (*Cinnamomum* sp.)、华南樟 (*C. austro-sinense*)、红楠 (*Machilus thunbergii*)、黄楠 (*M. grijsii*)、绒楠 (*M. velutina*)、刨花楠 (*M. pauhoi*)、浙江润楠 (*M. chekiangensis*)、润楠属 1 种 (*Machilus* sp.)、杜英 (*Elaeocarpus decipiens*)、山杜英 (*E. sylvestris*)、华杜英 (*E. chinensis*)、薯豆 (*E. japonicus*)、木荷 (*Schima superba*)、茜草树 (*Randia cochinchinensis*)、白桂木 (*Artocarpus hypargyreus*)、拟赤杨 (*Alniphyllum fortunei*)、虎皮楠 (*Daphniphyllum glaucescens*)、乳源木莲 (*Manglietia yuyuanensis*)、红叶树 (*Helicia cochinchinensis*)、少叶黄杞 (*Enghardtia fenzlensis*)、树参 (*Dendropanax chevalieri*)、木英红豆树 (*Ormosia xylocarpa*)。侵入种有 3 种, 分别为桃属的 1 种 (*Prunus* sp.)、野桐属的 1 种 (*Mallotus* sp.)、山乌桕 (*Sapium discolor*), 没有出现消退种。

表 1 火烧前后群落组成表

科名 Families	属数		种数	
	烧前	烧后	烧前	烧后
瘤足蕨科 <i>Plagiogyriaceae</i>	0	1	0	1
里白科 <i>Gleicheniaceae</i>	1	1	1	1
铁线蕨科 <i>Adiantaceae</i>	1	1	1	1
乌毛蕨科 <i>Blechnaceae</i>	1	1	1	1
蹄盖蕨科 <i>Athyriaceae</i>	0	1	0	1
鱗毛蕨科 <i>Dryopteridaceae</i>	1	1	1	1
松科 <i>Pinaceae</i>	1	1	1	1
杉科 <i>Taxodiaceae</i>	1	1	1	1
金粟兰科 <i>Chloranthaceae</i>	1	1	1	1
胡桃科 <i>Juglandaceae</i>	1	1	1	1
壳斗科 <i>Fagaceae</i>	3	3	7	7
桑科 <i>Moraceae</i>	1	2	1	2
山龙眼科 <i>Proteaceae</i>	1	1	1	1
木通科 <i>Lardizabalaceae</i>	1	2	1	2
防已科 <i>Menispermaceae</i>	0	2	0	2
木兰科 <i>Magnoliaceae</i>	2	2	2	2
樟科 <i>Lauraceae</i>	3	4	9	10
虎耳草科 <i>Saxifragaceae</i>	1	1	1	1
金缕梅科 <i>Hamamelidaceae</i>	1	1	1	1
蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	2	3	2	7
豆科 <i>Leguminosae</i>	3	3	4	4
芸香科 <i>Rutaceae</i>	1	1	1	1
大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	1	3	1	3
虎皮楠科 <i>Daphniphyllaceae</i>	1	1	1	1
漆树科 <i>Anacardiaceae</i>	0	1	0	1

(续表)

科名 Families	属数		种数	
	烧前	烧后	烧前	烧后
冬青科 Aquifoliaceae	1	1	9	9
卫矛科 Celastraceae	0	1	0	1
清风藤科 Sabiaceae	1	2	1	2
鼠李科 Rhamnaceae	1	0	1	0
葡萄科 Vitaceae	0	2	0	2
杜英科 Elaeocarpaceae	1	1	4	4
山茶科 Theaceae	4	4	7	7
桃金娘科 Myrtaceae	1	1	2	2
野牡丹科 Melastomataceae	0	1	0	1
五加科 Araliaceae	1	2	1	2
杜鹃科 Ericaceae	2	2	4	4
紫金牛科 Myrsinaceae	3	3	4	4
柿科 Ebenaceae	1	1	1	1
山矾科 Symplocaceae	1	1	5	5
安息香科 Styracaceae	1	2	1	2
夹竹桃科 Apocynaceae	0	1	0	1
马鞭草科 Verbenaceae	0	2	0	2
茄科 Solanaceae	0	1	0	1
茜草科 Rubiaceae	7	7	8	8
忍冬科 Caprifoliaceae	0	1	0	1
菊科 Compositae	0	3	0	3
莎草科 Cyperaceae	1	2	1	2
姜科 Zingiberaceae	1	0	1	0
兰科 Orchidaceae	1	0	1	0
百合科 Liliaceae	2	1	3	2
禾本科 Gramineae	0	3	0	3
合计 Total	58	83	93	125

### 3.1.2 灌木层种类变化

火烧前灌木层共有 42 种树种组成,而烧后灌木层树种有 50 种,其中保留种有 41 种,分别为:乌药 (*Lindera strychnifolia*)、矩形叶老鼠刺 (*Itea chinensis* var. *oblonga*)、榧木 (*Loropetalum chinense*)、五月茶 (*Antidesma japonicum*)、冬青 (*Ilex purpurea*)、福建冬青 (*I. fokiensis*)、黄毛冬青 (*I. dasypylla*)、广东冬青 (*I. kwangtungensis*)、尾叶冬青 (*I. wilsonii*)、毛冬青 (*I. pubescens*)、梅叶冬青 (*I. asprella*)、三花冬青 (*I. triflora*)、台湾冬青 (*I. formosana*)、榕冬青 (*I. ficoidea*)、笔罗子 (*Meliosma rigida*)、细齿柃木 (*Eurya nitida*)、柃木属的 1 种 (*Eurya* sp.)、细枝柃 (*E. loquaiana*)、窄基红褐柃 (*E. rubiginosa* var. *attenuata*)、黄端木 (*Adinandra millettii*)、油茶 (*Camellia oleifera*)、小叶赤楠 (*Syzygium grijsii*)、赤楠 (*S. buxifolium*)、香槟杜鹃 (*Rhododendron championi*)、拉图杜鹃 (*Rh. latoucheae*)、杜鹃属 1 种 (*Rh.* sp.)、卡氏乌饭 (*Vaccinium carlesii*)、百两金 (*Ardisia crispa*)、朱砂根 (*A. crenata*)、杜茎山 (*Maesa japonica*)、罗浮柿 (*Diospyros morrisiana*)、山矾 (*Symplocos sumnnta*)、密花山矾 (*S. congesta*)、光叶山矾 (*S. lancifolia*)、羊舌树 (*S. glauca*)、黄牛奶树 (*S. laurina*)、狗骨柴 (*Tricalysia dubia*)、毛达轮木 (*Tarenna mollissima*)、黄栀子 (*Genista jasminoides*)、石斑木 (*Rhaphiolepis indica*)。侵入种有 9 种,分别为山苍子 (*Litsea cubeba*)、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、黄毛木 (*Aralia decaisneana*)、地稔 (*Melastoma*

*dosecadrum*)、赛山梅 (*Styrax confusus*)、大青 (*Clerodendrum cyrtophyllum*)、紫珠属的 1 种 (*Callicar* sp.)、茶秆竹属 1 种 (*Pseudosasa* sp.)。消退种小叶石楠 (*Photinia parvifolia*) 火烧前仅有 1 株, 实属偶然现象, 此文暂放入消退种。

### 3.1.3 草本层种类变化

火烧前草本层由于林冠上层林木郁闭, 故种类数量不多, 有 8 种植物。火烧后由于生境条件的改变, 故种类数量有较大的改变, 共有 13 种植物, 保留种有 5 种, 分别为狗脊 (*Blechnum orientale*)、扇叶铁线蕨 (*Adiantum flabellulatum*)、鳞毛蕨属的 1 种 (*Dryopteris* sp.)、里白 (*Hicriopteris gerauca*)、甘尼草 (*Gahnia tristis*)。侵入种有 8 种, 分别为蹄盖蕨属的 1 种 (*Athyrium* sp.)、瘤足蕨属的 1 种 (*Plagiogyria* sp.)、珠芽属的 1 种 (*Scleria* sp.)、淡竹叶 (*Lophatherum gracile*)、五节芒 (*Misanthus floridulus*)、飞蓬草 (*Erigeron annuus*)、鼠菊草属的鼠菊草 (*Gnaphalium adnatum*)、三七草属的野筒蒿 (*Gynura crepidioides*)。消退种有 3 种, 分别为山菅兰 (*Dianella ensifolia*)、山姜 (*Alpinia japonica*)、兰属的 1 种 (*Cymbidium* sp.)。

### 3.1.4 层外植物种类变化

层外植物烧前与烧后变化较大, 烧前层外植物有 12 种植物构成, 而烧后的层外植物有 29 种组成。其中保留种有 11 种, 分别为流苏藤 (*Coppopsis apelta diffusa*)、玉叶金花 (*Mussaenda pubescens*)、羊角藤 (*Morinda unbellata*)、光叶菝葜 (*Smilax* sp.)、牛尾菜 (*S. riparia*)、藤黄檀 (*Dalbergia hancei*)、鸡血藤 (*Millettia reticulata*) 和山鸡血藤 (*M. dielsiana*)、花椒勒 (*Zanthoxylum armatum*)、南五味子 (*Kadsura longipedunculata*)、紫金牛科酸果藤属的网脉酸果藤 (*Embelia rufa*)、野人瓜 (*Stauntonia leucantha*)。侵入种有 15 种, 分别为: 尖叶清风藤 (*Sabia japonica*)、木通 (*Akebia quinata*)、链琏藤 (*A. lyxiasinensis*)、钩藤 (*Uncaria rhynchophylla*)、粉防已 (*Stephania tetrandra*)、防已 (*Sinomenium acutum*)、白花悬钩子 (*Rubus leucanthurus*)、悬钩子属的 1 种 (*Rubus* sp.)、山莓 (*R. corchorifolius*)、锈毛莓 (*R. reflexus*)、寒莓 (*R. buergeri*)、南蛇藤 (*Celastrus aculeatus*)、广东山葡萄 (*Ampelopsis cantoniensis*)、乌敛莓 (*Cayratia oligocarpa*)、葡萄 (*Broussonettia kaempferi*)、茄科茄属的白英 (*Solanum lyratum*)、忍冬科忍冬属 1 种 (*Lonicera* sp.)。衰退种雀梅藤属的 1 种 (*Sageretia* sp.), 火烧前仅 2 株, 实属偶然现象, 本文暂放入衰退种。

## 4 火烧前后植物区系分析比较

根据吴征镒先生编写的《中国种子植物属的分布区类型》(游水生等, 1995b), 群落内火烧前后各属归并为 10 个地理分布。

将表 2 中分布区类型按性质归并为热带分布和温带分布两大类。从表中可以看出, 天然米槠群落属分布类型以热带成分为多, 有 45 属, 占该群落总属数 76%, 其中泛热带和热带亚洲比例最大, 分别为 17 属和 13 属, 分别占总属数的 28.33% 和 21.67%。以温带和温带分布为中心的属有 14 属, 占该群落总属数的 26.67%, 中国特有仅有一属为杉木属, 没有世界分布类型。火烧后资料表明, 米槠林皆伐火烧后仍以泛热带分布和热带亚洲比例大, 分别为 25 属和 15 属, 占总属数的 30.12% 和 18.07%, 而且也是以热带分布属为多, 有 62 属, 占火烧后群落总属数 73%。温带成分有 21 属, 占总属数 27%, 其中除中国特有外, 各分布类型的属都比烧前有所增加, 分别增加了; 世界分布 4 个属, 泛热带分布 7 个属, 热带亚洲和热带美洲间断分布 1 个属 (火烧后衰退 1 个属), 旧世界热带分布 3 个属 (火烧后衰退 1 个属), 热带亚洲至热

带大洋洲分布 2 个属(火烧后衰退 2 个属),热带亚洲至热带非洲分布 2 个属,热带亚洲 3 个属,北温带 2 个属,东亚和北美洲间断分布 3 个属(火烧后衰退 1 个属),东亚分布 2 个属。

表 2 火烧前后属分布区类型比较

分布区类型	火烧前		火烧后	
	属数	百分比 %	属数	百分比 %
世界分布 Cos.	0	0	4	4.80
泛热带 Pantr	17	29.3	24	28.90
热带美洲和热带亚洲 trAm-trAs	3	5.1	3	3.60
旧世界热带 Paltr	7	12.1	9	10.80
热带亚洲及热带大洋洲 trAs-trAu	4	6.8	4	4.80
热带亚洲及热带非洲 trAs-trAf	1	1.7	3	3.61
热带亚洲 trAs	12	20.7	15	18.07
北温带 Ntem	5	8.6	8	9.60
东亚及北美洲间断分布 EA-Nam	4	6.8	6	7.20
东亚 Eas	4	6.8	6	7.20
中国特有 China	1	1.7	1	1.20
合计 Total	58	100	83	100

## 5 物种多样性比较

多样性指数是群落丰富性和均匀度的函数,多样性同它们两者成正相关,与优势度成负相关(游水生等,1996),现将该样地火烧前后物种多样性列于表 3。

从表 3 可以看出,火烧后灌木层,草本层,层外植物的多样性都比火烧前高(因为火烧后第一年乔木层还没有形成,故不参加比较),分别为:0.0913,1.0434,1.2211。究其原因是因为火烧后生境条件变化,侵入大量喜光种类,使得各层次物种数增加,分别为:灌木层 10 个种(包括能形成乔木 3 个种),草本层 8 个种,层外植物 15 个种。各层次总个体数也增加,分别为:灌木层侵入 10 个种增加 2337 株,其他种类增加 2331 株。草本层侵入 8 个种增加 1173 株,其他种类增加 1123 株。层外植物侵入 15 个种增加 619 株,其他种类增加 730 株。同时各层次均匀度增加优势度减少,分别为:灌木层前者增加 0.001、后者减少 0.0019,草本层前者增加 0.0514、后者减少 0.0491,层外植物前者增加 0.0798、后者减少 0.1028。根据多样性指数函数特点,故火烧后多样性指数均增加。

表 3 火烧前后物种多样性指数变化表

层次		种数 s	个体数	均匀度*	优势度**	物种多样性指数
乔木层	烧前	30	233	0.7519	0.1763	3.1350
	烧后	0	0	0	0	0
灌木层	烧前	42	4580	0.7932	0.0373	4.9853
	烧后	50	9248	0.7942	0.0354	5.0766
草木层	烧前	8	1617	0.6431	0.2721	1.9292
	烧后	13	3913	0.6945	0.2230	2.9726
层外植物	烧前	16	567	0.5958	0.2282	2.0610
	烧后	29	1916	0.6756	0.1254	3.2821

\* 均匀度( $J_{sh}$ ) =  $\log N - 1/N \sum n_i \log n_i / (\log N - 1/N [ \alpha(s-\beta) \log \alpha + \beta(\alpha+1) \log(\alpha+1) ] )$ ;

\*\* 优势度( $C$ ) =  $\sum m_i (m_i - 1) / [m(m-1)]$ ;

\*\*\* 多样性指数( $D_{sh}$ ) =  $- \sum P_i \log^2 P_i$

## 6 结论

武平帽布场天然米槠林火烧前与火烧后资料表明：乔木层和灌木层树种变化不大，草本层和层外植物物种变化明显；群落区系分析比较可以看出，烧前与烧后属的分布都以泛热带分布和热带分布为主，但烧后出现了世界分布属；物种多样性指数比较可以得出，由于喜光树种的侵入，导致烧后各层次的多样性指数均增加。通过以上分析说明，采用小面积皆伐、火烧采伐剩余物高度为30 cm左右，火烧迹地很快地恢复到与火烧前相类似的群落。

## 参 考 文 献

- 游水生等. 1995a. 福建武平火烧前米槠种群动态分析. 福建林学院学报. 15 (3) : 1-4  
 游水生等. 1995b. 福建武平米槠林种群生态空间分布规律的研究. 福建林学院学报. 15 (2) : 103-106  
 游水生等. 1996a. 福建武平米槠林区系和物种多样性的研究. 福建林学院学报. 16 (2) : 119-121  
 游水生等. 1996b. 福建武平帽布米槠林择伐经营策略初探Ⅰ. 年龄结构和生长过程分析. 福建林学院学报. 16 (3) : 14-18  
 王伯荪等. 1982. 南亚热带常绿阔叶林取样技术研究. 植物生态学与地植物学丛刊. 11: 51-61  
 吴征镒. 1991. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究所. 6 (增刊) : 1-139  
 赵志模, 郭依泉. 1990. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 147-163

## THE DIVERSITY CHANGES OF NATURAL *CASTANOPSIS CARLESII* FORM. AFTER BEING BLANKLY CUT AND BURNED

You Shuishen<sup>1</sup>, He Yucheng<sup>2</sup>, Liu Yonghua<sup>2</sup>, Wu Minsheng<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Fujian College of Forestry, Nanping 353001)

(<sup>2</sup>The Forestry Committee of Wuping County, Wuping 364307)

In this paper, the diversity changes of the natural *Castanopsis carlesii* Form. were studied after the community was blankly cut and burned in Maobu Forest Farm, Wuping County, Fujian Province. The results showed that the species changes of both the tree and the shrub layers were small, with the former layer invaded by 3 exotic species and the latter invaded by 4 exotic species. However, the species changes of the herb layer and liana were large, with the former invaded by 8 exotic species, while 3 native species disappeared, and the latter invaded by 16 exotic species, while 1 native species disappeared. The analysis of floristic geographic elements indicated that the percentages of both the pan-tropical and tropical species became higher after the woods were burned, but there were still some cosmopolitan elements. After the burning, the diversity index of each layer increased due to the invasion of some sun-preferred plants. Furthermore, the number of individuals and the species evenness also increased while the species dominance decreased.

**Key words:** Natural *Castanopsis carlessi* Form., Blankly cut and burned, Diversity index

# 湿地生物多样性保护与对策

于砚民

(中国环境科学研究院,北京 100012)

**摘要** 本文介绍了一些重要的湿地,这里有1085种野生水生动物,占中国湿地动物总数的73%,有1040种鱼,还有丰富的湿地植物。本文还介绍了湿地的定义和湿地生态系统的主要功能与特点,同时介绍了我国湿地类型与分布,侧重阐述了湿地生态系统的管理对策及其评价。

**关键词** 生物多样性 中国湿地定义

## 1 湿地的生物多样性

湿地生态系统,根据国家环保局在1994年6月6日验收中国环境科学研究院承担的《中国湿地生态环境保护规划》项目中对湿地的解释是:湿地处于陆地和水域的交汇处,水位接近或处于地表面,或有浅层积水,一般以低水位时水深2 m处为界,并具有以下特征:①至少周期性的以水生、湿生植物为植被优势种;②底层土主要是湿地;③在每年的生长季节,底层土被水淹没4个月以上。这样可以按照内陆和海洋两部分划分。我国具有世界上所有的湿地类型。我国湿地面积占全世界湿地总面积的13%左右,湿地中的生物种类和数量都是非常丰富的,中国湿地高等植物已知种类有1380种,占中国已知湿地动物总数的75.6%。其中鱼类1040种,占中国鱼类总数2840种的36.6%,因此湿地生物多样性保护在中国生物多样性保护中占举足轻重的地位。在水生生物中,濒危物种有:哺乳动物白鳍豚(*Lipotes vexillifer*)、河狸(*Castor fiber*)、水獭(*Lutra lutra*);爬行动物有扬子鳄(*Alligator sinensis*)、棱皮龟(*Dermochelys coriacea*)、玳瑁(*Eretmochelys imbricata*);两栖类的大鲵(*Megalobatrachus davidi-anus*),鱼类有中华鲟(*Acipenser sinensis*)、白鲟(*Psephurus gladius*)、文昌鱼(*Branchiostoma belcheri*)、松江鲈(*Trachidermus fasciatus*)等。

我国地大物博,地域从北半球的热带到寒带,自然条件复杂,导致了生态系统的多样性。从沿海到内陆,从平原到高原山区都有湿地分布。据统计,我国有12万多km<sup>2</sup>湿地,占国土面积的3%;主要类型有沼泽,湖泊(包括水库)面积有7万多km<sup>2</sup>;海涂有2万多km<sup>2</sup>。还有众多的河流,河流中流长超过300 km的有104条,其中1000 km以上的河流有22条,内流河和外流河分别占36%和64%。

## 2 湿地生态环境的特点

### 2.1 类型多样化

由于我国地大物博,自然条件复杂,形成了湿地生态系统的多样性,可分为沼泽低湿地、湖泊、海岸带和人工湿地生态系统,再细分为河流、沼泽、湖中、沿岸、潮带下、潮间带和人工稻田、水库,约为36类。这些分类是根据不同土壤基质,地理条件或种群差异的特点具体划分。充分体现了我国湿地生态系统多样性具体特征和功能。

## 2.2 生物物种的多样性保护

湿地是人类干预较少的生境之一,由湿地、沼生、中生和水生植物、动物、微生物,以及与上述生命有关的水、光、热、无机盐等组成湿地生态系统,成为野生生物的天然衍生地,各种甲壳类,鱼类,两栖类,爬行类,兽类,鸟类,微生物等在湿地繁衍。目前已经收录到的湿地高等植物有 156 科 437 种及其变种变型,湿地陆栖动物 528 种,湿地水生动物 1135 种。

为了彻底有效地保护生物多样性,我国自 1956 年至 1995 年底共建立自然保护区 799 个,面积达 7188 万公顷,自然保护区面积约占国土面积的 7.19% (见表 1)。

表 1 中国自然保护区发展情况

时间	数量	面积( $10^4 \text{ km}^2$ )	占国土面积比例 %
1965	19	64.88	0.07
1978	34	126.50	0.13
1982	119	408.19	0.43
1987	481	2374.95	2.47
1989	573	2476.30	2.58
1991	708	5692.36	5.93
1993	763	6618.40	6.80
1995	799	7185.00	7.19

这些自然保护区几乎保护了全国所有已知濒危物种和生态系统。保护区的数量达到了国际上发达国家的水平(1872 年美国建立世界上第一个保护区黄石国家公园,1879 年澳大利亚建立了世界上第二个自然保护区皇家国家公园,目前世界上保护区的总数有 1 万多个,国家公园 1200 多个。美国现有 400 多个自然保护区和 300 多个自然公园,占国土面积的 10%,澳大利亚有自然保护区 1800 多个,占国土面积的 2.2%)。

从 80 年代开始人们逐步认识到保护湿地资源和生物物种资源对持续发展活动的重要性,各地相继建立了一些以保护湿地生物多样性为主要对象的自然保护区,目前该类型的自然保护区有 100 多处。这些自然保护区在生物多样性保护中起到了重要的作用。

为了充分保护物种的多样性,进行野生动植物的迁地保护,我国建立了 110 多个植物园,这些植物园中有的用于科学研究、药用、教学实习和收集树木等共保存各类高等植物 23000 多种,其中包括 18000 种左右为中国的野生植物种。共建立了 170 多个动物园共饲养了 10 万多头动物(表 2)。

## 2.3 水环境问题

水环境问题是全球性的问题,在我国尤为突出。由于污水排放严重,影响了湿地生物的生境。1991 年,世界自然基金会在爱尔兰组织召开的“世界环境与水资源保护会议”,有 156 个国家参加,会后发表报告指出,“节约用水和净化水资源”是当今人类面临的最严峻的挑战之一。我国的湿地受到的污染严重,水环境日益恶化,全国 80% 以上的人口居住在七大江河、五大湖泊周围,占有全国 85% 的工农业总产值,每年从城市、工矿、企业排出大量污水(例如 1993 年废水排放总量 3555888 万 t,其中工业废水排放达标量 1204858 万 t,表 3),已经使七大江河与湿地 20% ~ 30% 的水体遭受污染,水质恶化造成的经济损失达 300 亿元,使其动、植物遭到破坏。以黄河为例,黄河水资源总量约 500 亿  $\text{m}^3$ ,由于它流经我国最干旱的西北地区和缺水

的华北地区, 目前开发利用率为 50% 以上, 但仍不能满足流域发展的需要。目前出现一系列的环境问题, 年污水排放量大约 30 亿 m<sup>3</sup>, 四级水质河段占 12000 km, 占干支流的 60% 左右。

表 2 中国部分植物园概况

植物园	隶属单位	保存物种数量	始建年代
北京植物园(南园)	中国科学院植物所	500 多	1955 (1972 年重建)
武汉植物园	中国科学院武汉植物所	4000 多	1956
华南植物园	中国科学院华南植物所	5000 多	1959
鼎湖山树木园	中国科学院华南植物所	600 多	1956
昆明植物园	中国科学院昆明植物所	4000 多	1938 (1975 年重建)
西双版纳热带植物园	中国科学院昆明植物所	3000 多	1959
沈阳应用生态所植物园	中国科学院沈阳应用生态所	400 多	1955
吐鲁番沙漠植物园	新疆土壤沙漠所	170 多	1976
磴石河植物园	中国林业科学研究院磴石河试验局	300 多	1986
北京药用植物园	中国医学科学院药用植物所	1300 多	1955
大岗山树木园	中国林业科学研究院大岗山试验局	3400 多	1980
广西石山树木园	大青山试验局	560 多	1981
海南热带经济植物园	农业部华南热带植物所	1220 多	1958
南京中山植物园	江苏省科学技术委员会	3000 多	1929
庐山植物园	江西省科学技术委员会	2470 多	1934
恒春热带植物园	台湾省林业试验所	1400 多	1906
台北植物园	台湾省林业试验所	1500 多	1921

### 3 湿地生物多样性保护对策

#### 3.1 加强湿地生物多样性保护技术的研究与推广

湿地珍稀濒危物种保护技术, 包括人工建巢和投食技术, 保护与建造营养源技术, 人工辅助繁殖技术, 自然灾害控制及灾后营救技术等, 应加强这些技术的研究与推广。

#### 3.2 动、植物野生生物种引种繁育技术的研究与推广

我国有 110 多所植物园和 170 多所动物园, 在引种繁育研究方面取得了很大的成绩, 应继续研究和进行技术推广。

#### 3.3 湿地自然保护区的保护对策

在自然保护区的建立、运行和管理中已经积累了不少的经验。今后在自然保护区的管理与建设中应考虑到环境与经济发展二者的关系, 因此在各个自然保护区制订湿地环境保护策略时, 应认识到保护的目的是为了合理利用, 既要从长远考虑, 保护生态环境, 保护生物多样性, 又要根据中国的国情与经济发展的需要, 循序渐进, 作好综合平衡, 应避免那些可行性较小的机械式的湿地环境保护方式, 代之于开发与保护并行的方式, 使生态环境做到良性循环, 同时兼顾当前的经济发展利益。

在湿地自然保护区的布局上, 要适当加快东部和西藏地区的自然保护区建设步伐, 进一步在数量和面积上有所增加, 抓紧抢救一批保存较好的自然环境生态系统。

#### 3.4 污染控制技术的研究与推广

### 3.4 污染控制技术的研究与推广

30多年来,我国在开展环境保护研究工作中逐步开发了关于控制工业和城乡废物污染、农药化学物质污染的技术,由于这些技术也可以用于生物多样性保护,应充分发挥这些已有技术的作用,同时也应不断开发新的技术,并加以推广。

表3 各地区工业废水排放及处理情况

地区	废水排放总量	其中工业废水总量	工业废水排放达标量	工业废水处理量	工业废水处理排放达标量
全国	3555888	2194919	1204858	1793426	450326
北京	96983	39173	24260	64034	9579
天津	41290	21290	13844	25098	3888
河北	120058	87052	58815	127899	24427
山西	58222	40856	16708	48855	6845
内蒙古	38896	25488	9264	29174	4078
辽宁	218015	149081	99495	148509	42356
吉林	72556	44221	22418	38509	7275
黑龙江	129560	74093	37681	66024	12248
上海	203153	128083	90721	105496	25503
江苏	294740	211643	141583	85494	32428
浙江	171748	105734	71569	43293	15854
安徽	127129	87048	42843	67309	13540
福建	94339	57316	23316	40072	12675
江西	104763	70685	30214	43561	10742
山东	142322	86350	41607	140528	24222
河南	148978	92518	42116	95197	15344
湖北	274201	141251	80706	104932	30507
湖南	181590	155427	88924	105458	39311
广东	296025	139762	71252	98512	36929
广西	144538	93158	45062	61829	18300
海南	20371	9950	3145	5190	1496
四川	291940	158189	72970	99089	31008
贵州	40913	25854	12130	33830	5579
云南	68160	45149	13527	36013	5884
西藏	4077	2578		3	
陕西	69839	36352	22345	36939	9174
甘肃	45120	36298	16245	25455	6647
青海	9207	5410	2682	2450	928
宁夏	13750	8118	3459	3779	853
新疆	33404	16794	5959	10896	2706

### 3.5 湿地生物多样性现状与评价

在广泛收集和利用湿地生物多样性信息的基础上,查清我国湿地物种资源,尤其是濒危物种的现状和原因,开发利用或贸易现状,以及采取的保护措施。在调查的基础上,建立湿地生物多样性系统资料档案,根据生物数量及濒危的程度进行综合评价,从而掌握我国湿地物种资源的概况,研究其变化趋势,以便采取合适的对策。

### 3.6 确定湿地生物多样性保护地点与物种编目

根据我国湿地生物多样性保护现状与评价,将物种分为濒危、易危、稀有、未定、正常等不同的等级以及社会发展预测,对需要优先保护的地点和物种进行编目,编制我国生物多样性优先保护地点及物种清单。

### 3.7 编制湿地生物多样性保护规划

在汇集、分析湿地生物物种资源和地理环境调查研究成果的基础上,借助现代遥感,地理信息系统等先进手段,以综合的观点分析和归纳我国生物多样性分布特征,进行至2050年的我国湿地生物多样性保护规划,提出科学的目标、原则、保护方案及适用的配套保障手段。

### 3.8 湿地生物多样性宣传

湿地生物多样性的保护对广大居民来说尚属一个陌生的名词。当前人们开发利用自然资源意识浓厚,而对生物多样性保护的认识不足,对国家有关法规也了解不多,通过宣传提高全社会的保护意识,增加广大人民群众对生物多样性保护行动的参与。可利用广播、电视、报纸、杂志、文艺演出等宣传手段,经常进行关于生物多样性保护基础知识和保护重要性的宣传。

### 3.9 职业培训

加强各有关部门对湿地生物多样性保护专业人员的培训,必须采取以下措施。

a. 加强各有关部门环境保护技术培训中心和教学设施的建设,使之适应湿地生物多样性保护的专业培训要求。

b. 加强各有关培训中心师资队伍的建设,使之适应湿地生物多样性保护的专业培训要求,促进专业工作水平的提高。邀请有经验的专业人员担任教师,组织专家编写材料,各有关部门积极开展国际合作,邀请国外有经验的专家来讲学。使我国湿地生物多样性保护的水平提高到一个崭新的阶段。

## 参 考 文 献

- 于砚民. 1993. 湿地生态环境研究中的遥感技术应用初探. 中国环境监测. (4): 17-19  
于砚民. 1996. 小兴安岭地区湿地植物资源及其保护对策. 中国农业资源与区划. (2): 42-44  
于砚民. 1995. 湿地生态环境研究及其发展趋势. 中日合作自然资源生态环境调查及评价研究研讨会论文集. 137-144  
陈灵芝主编. 1993. 中国的生物多样性—现状及其保护对策. 北京:科学出版社, 1-243  
WRI, IUCN. AND UNEP. 1992. Global Biodiversity Strategy  
Cowardin, L. M. et al. 1992. Classification of Wetland and Deepwater Habitats of the United States. Washington. D. C.

## WETLAND BIODIVERSITY AND STRATEGIES FOR THE MANAGEMENT OF WETLAND ECOSYSTEMS

Yu Yanmin

(Chinese Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012)

This paper introduces the definition, function and characteristics of wetland. The main types

and distribution of wetland in China were described. Moreover, the strategy for wetland ecosystem management and its evaluation were stressed. There are 1085 species of aquatic animals in the wetland in China, accounting for 73% of the total of aquatic animals in China, 1040 species of which are fish. Definition, function and characteristics of the wetland were also discussed.

**Key words:** Biodiversity, Chinese wetland definition

# 鸭绿江口滨海湿地自然保护区保护价值的研究

曹仁江

(丹东市生态环境管理中心, 辽宁丹东 118000)

**摘要** 本文从五个方面论述了鸭绿江口滨海湿地自然保护区的保护价值, 提出建立保护区是人类的需要, 也是我国自然保护事业的根本措施。

**关键词** 湿地 自然保护 生态系统

每一个自然保护区的建立, 都必须对其保护价值进行全面的考察和研究, 这是自然保护区建设中一项非常必要和不可忽视的工作。本文试对鸭绿江口滨海湿地自然保护区的保护价值作以初步探讨。

鸭绿江口滨海湿地自然保护区建设 9 年来, 得到了较完好的保护, 而且愈来愈受到国内外有关方面的关注和重视。它的建立、存在和发展, 不仅与国际上日益重视环境和我国发展自然保护事业的政策密切相关, 更主要是由鸭绿江口滨海湿地自然保护区具有重要的价值所决定。鸭绿江口滨海湿地自然保护区有着重要的保护价值, 试从以下几个方面来加以论述。

## 1 温带湿地生态系统的完好代表

鸭绿江口滨海湿地自然保护区位于东经  $120^{\circ}21'39'' \sim 123^{\circ}30'50''$ , 北纬  $39^{\circ}40'50'' \sim 40^{\circ}30'$ , 相邻于朝鲜民主主义人民共和国, 地理位置独特。它以鸭绿江河口、大洋河河口为中心, 沿 93 km 长的海岸线, 由东向西呈带状分布, 总面积达 108000 公顷。整个保护区生态系统功能稳定, 结构复杂, 既有内陆湿地生态系统和水域生态系统的特征, 又具有海洋和海岸生态系统的特征, 且通过食物链的作用将两者有机的串联在一起形成了一个复杂的复合生态系统。由于受人为活动的干扰较小, 生态结构基本没有受到破坏, 生态系统比较完整, 是一个保护较好的自然综合体。鸭绿江口滨海湿地自然保护区由内陆、芦苇沼泽、沿海滩涂、浅海海域和岛屿等多种生态系统组成, 形成典型的河口—滨海湿地特征, 即鸭绿江口温带湿地自然生态系统。这种生态系统是历史长期发展自然形成的结果, 是一种具有代表性的天然生态系统。在这里, 可以进行湿地生态系统基础理论的研究, 也可探索湿地生物种物种区分发生、发展及自然演化的规律, 为保护我国东北部地区珍稀濒危动、植物资源, 更为人类保存一座永久性的滨海湿地野生生物的基因库和自然资源宝库。从全球环境的角度来看, 鸭绿江口滨海湿地自然保护区所代表的生态系统, 对于温带湿地生态系统的结构、功能和生产力等方面的研究有着非常重要的意义。我国政府于 1994 年, 把它列为我国首批重点湿地。

## 2 巨大的天然基因库

由于受地形、气候、土壤、潮汐等自然条件的影响, 鸭绿江口滨海湿地自然保护区, 生物资源丰富, 物种繁多。据初步调查, 保护区内共发现高等植物 64 科 289 种、鸟类 44 科 240 种、鱼类 88 种、底栖动物 74 种、浮游动物 54 种、浮游植物 55 种, 还有尚未统计的昆虫资源。区内有世界濒危植物野大豆, 世界濒危鸟类黑嘴鸥和斑背大苇莺在此栖息繁殖。保护区内有国家一级保护鸟类丹顶鹤、白枕鹤、白鹤等 8 种, 国家二级保护鸟类豆雁、大天鹅等 29 种。中日候

鸟保护协定规定保护的 227 种中,在该地发现 121 种,占列入总数的 55.3%;中澳候鸟保护协定规定保护的 81 种中,在该地发现 43 种,占列入总数的 53%,珍贵鱼类细鳞鲑和鸭绿江银鱼在此栖息,也是珍稀物种蛭类的繁殖地,另外还发现了华北区系代表动物金钱蛙等。在这里保存了如此众多的动物和植物,可视为一座巨大的天然基因库。在现在和未来将会给人类提供宝贵的材料。譬如,人类为繁殖有益于人类的动、植物时,保护区能够提供种源,也为生物分类,发现新种和寻找新的生物资源提供研究场所。它的存在可以拯救和保存许多濒于灭绝的物种,不致于使许多动、植物种类在人类还未得及充分认识和利用之前,就遭到灭绝。必须清楚认识到,像鸭绿江口滨海湿地自然保护区这样保存完整的天然基因库是为数不多的,因此,它能得以保存不仅是自然保护的需要,更主要是人类社会持续发展的需要。

### 3 综合性的科学的研究基地和理想的教学实习场所

鸭绿江口滨海湿地自然保护区的保护对象是生态环境和物种,它是保持着原始状态的自然综合体,是由多个生态系统组成的复合生态系统,具有独特性、多样性、典型性、珍稀性等特点,既有华北区系的代表动、植物,又有东北区系的代表动、植物,是两个动、植物区系的交汇过渡地带,有着丰富的生物多样性。其独特的地质、地貌,使其成为生态、动物、植物、环境、水文、地质、地理、土壤、气象等多学科的实验基地,同时也成为生态、生物、地质、地理、海洋等学科理想的科学的研究基地和教学实习场所。1987 年以来,韩国、日本等国家的专家、学者对鸭绿江口滨海湿地自然保护区进行了考察。仅在 1995 年,就有 50 余名国内专家、教授、学者和科研人员到此进行考察和研究,有三所大专院校 100 余名师生来这里进行教学实习。通过考察,专家一致认为:鸭绿江口滨海湿地自然保护区是一座物种丰富,不可多得的庞大的生物基因库,整个生态系统具有完整性和连续性,具有特殊的保护、科研、教学、宣传、旅游、观赏价值。该区的保护与合理开发,必将为我国的经济建设做出贡献。

### 4 维护生态平衡,保持环境稳定

沼泽、滩涂是湿地生态系统的重要组成部分,湿地是保护环境稳定、维护生态平衡的主要因素。因此,自然保护区内的大面积湿地如果遭到破坏,这里的生态系统将失去其主体,其蓄水调洪、调节气候、净化水质等生态功能将丧失(王飞,1990),陆地、淡水、海水、滩涂等环境内的生物就会减少,甚至消失,东北亚这一重要的鸟类栖息和迁徙站也将消失。由此可见,湿地的丧失,必然打破这个生态系统的相对稳定,出现生态平衡的严重失调,造成严重的环境问题。

然而,正是由于自然保护区内湿地的存在,才使得区内动、植物和水生生物得以大量的繁殖和生存,并在生态系统内进行着物质的循环和能量的流动。也正由于自然保护区内湿地存在,使得它不仅对我国北方,而且对朝鲜等邻国都将产生重要的影响。因此,我们可以说鸭绿江口滨海湿地是辽东区域生态平衡的主要维护者。

### 5 旅游的胜地

鸭绿江口滨海湿地自然保护区人文景观资源十分丰富。著名的甲午海战遗址、前阳古人类遗址、孤山古建筑群、大鹿岛风景旅游区均在区内。大鹿岛北坡山势险峻,南坡平缓,水清沙洁,成了天然的海滨浴场,为理想的避暑胜地。明末抗金名将毛文龙的碑亭矗立在岛上;清朝民族英雄邓世昌指挥的北洋水师致远号和另外三艘战舰与日本侵略者海战沉没于此,为中华儿女不畏强暴抵御外侮,谱写了一曲悲壮的战歌,功绩名垂青史(辽宁省文物委员会编,1994)。孤山古建筑群,是辽宁省现有较完整的佛、儒、道三大教古刹之一(辽宁省文物委员会编,1994)。雕梁画栋独具特色,牌匾书法堪称一绝,气势宏伟,古朴典雅。

近年来,进入这里参观游览的人数逐年增多。今后,随着人们生活水平的提高,入区游览的人会大幅度增长。这里需要指出的是,在自然保护区的实验区内开展一定的旅游活动,只要合理规划,统一管理是可行的,一方面它能提高保护区自养能力,另一方面,它又能提高人们对保护区的深入认识,使保护区得到更好的保护,为人类所用(王飞 1990)。

从以上可以看出,鸭绿江口滨海湿地自然保护区有很高的保护价值,它的建立是人类眼前利益与长远利益结合起来加以考虑而做出的一个明智之举,也是发展我国自然保护事业的一个带有根本性的措施。保护好鸭绿江口滨海湿地生态环境和珍稀物种是我们的神圣职责,也是历史赋予我们的伟大使命。我们将加大鸭绿江口滨海湿地的保护力度,使其持久地为人类服务。

#### 参 考 文 献

- 王飞. 1990. 论湿地及其保护和利用——以洪湖湿地为例. 自然资源学报. 5(4): 297-303  
辽宁省文物管理委员会办公室. 1994. 辽宁省文物古迹大观. 沈阳: 辽宁大学出版社

### ON THE SIGNIFICANCE OF THE CONSERVATION OF THE COASTAL WETLAND NATURE RESERVE AT THE MOUTH OF THE YALUJIANG RIVER

*Cao Renjiang*

(Ecological Environment Management Center of Dandong City, Dandong 118000)

In this paper, the significance of the conservation of the coastal wetland nature reserve at the mouth of the Yalujiang River is discussed.

**Key words:** Wetland ecosystem, Conservation, The mouth of the Yalujiang River

# 鸭绿江口滨海湿地自然保护区生物多样性及其建设的研究

董志刚 魏春

(丹东市环境保护监测站,辽宁丹东 118002)

**摘要** 本文阐述了鸭绿江口滨海湿地自然保护区的自然概况,论述了该保护区的生态环境与生物物种的多样性、稀有性,进行了该保护区的功能区划分,并就资源保护、科研与教育、资源开发与利用和管理等工程建设进行了规划。

**关键词** 湿地 生物多样性 功能区 建设

鸭绿江口滨海湿地自然保护区位于辽宁省东南部。该保护区为内陆湿地和水域生态系统与海洋海岸生态系统类型,生态系统复杂,生物种类繁多。该保护区的对我国珍稀、濒危物种的长期保护和本地区自然资源的可持续利用有着十分重要的意义。

## 1 湿地保护区的自然概况

### 1.1 地理位置和范围

鸭绿江口滨海湿地自然保护区东起鸭绿江口文安滩岛,西至辽宁东港市与庄河县交界处,北起鹤大公路,南临黄海。东西长约 120 km,南北宽约 25 km,整个保护区沿东港市境内海岸线呈带状分布,地理坐标是东经  $120^{\circ}21'39''\sim123^{\circ}30'50''$ ,北纬  $39^{\circ}40'50''\sim40^{\circ}30''$ ,由陆地、芦苇沼泽、滩涂和浅海海域四大主要部分组成,总面积 108057 公顷,其中陆地面积 31183 公顷,芦苇面积 6007 公顷,滩涂面积 24200 公顷。浅海海域(海域潮间带以下至 5 m 等深线之间)面积 46667 公顷。

### 1.2 地貌

保护区地势低洼平坦,主要是第四纪以来黄海经历了多次海面变化,至今 10000 年前所发生的冰后期海侵,使海水 NE、NNE 和 NW 两组断裂构造入侵,当时的海岸线比现在深入十至数十公里,形成了港湾溺谷。由于地热等条件适宜,在溺谷、港湾的边缘部发育了沼泽,随着受气河淤海退的发育,形成了鸭绿江口、大洋河口冲积三角洲平原。保护区的地貌可划分三个大的地貌单元,即湿地平原、滩涂河口沙洲和水下三角洲。

### 1.3 气候

保护区属于温带湿润季风气候。冬季漫长,夏季较短,受海洋影响,冬无严寒,夏无酷暑,年平均气温 9.9 ℃,历年最低气温 -28.2 ℃,最高气温 33.9 ℃,无霜期 203 d,年降水量 1039 mm,年均日照数 2368.6 h,优越的气候条件对生物的生长发育极为有利。

### 1.4 水文

保护区内河流密布,南北贯通,由北向南注入黄海。较大的河流有 2 条,年径流量达 247 亿 m<sup>3</sup>。

## 2 湿地保护区的生物多样性

### 2.1 生态环境的多样性

保护区中包括了陆地、水域、湿地、海洋和海岸等生态系统,具有丰富的生态环境多样性。

### 2.1.1 芦苇沼泽

芦苇沼泽是该湿地保护区中最主要组成部分,主要分布于鸭绿江口和大洋河口。芦苇沼泽生态系统中,植物种类少,区系组成贫乏,草本植物多,木本植物少。芦苇为优势种,芦苇高2~3 m,植株稠密,每平方米100株,茎粗0.6~1.2 cm,群落中混有香蒲、菖蒲等湿生植物,下部有碱蓬和海滩苔草。这里形成了芦苇沼泽、鹤、鹭、苇莺生态类群,是丹顶鹤、苍鹭、草鹭等鸟类生活在迁徙时停歇地,也是雁、鸭、鹬等70多种鸟类的繁殖地。

### 2.1.2 碱蓬盐沼

碱蓬盐沼主要分布近河口和沿海岸的潮沟两侧,常形成连续数公里碱蓬盐沼大群落。植物的优势种为碱蓬,动物的优势种为天津厚蟹,为黑嘴鸥、鹬等涉禽提供了食物资源和栖息地。

### 2.1.3 滩涂

滩涂是周期性受潮水侵入地带,第一生产力较低,但海潮周期性携带来大量的有机物质,为这里生活的动物提供了丰富的食物饵料,主要动物是无脊椎动物,共70余种。

### 2.1.4 河口湾

该保护区接纳了12条河流,其中以鸭绿江和大洋河口两个河口湾为最大。河口湾生态系统中浮游生物种类为最多,约110种且生物量较大,是黄海北部海域重要渔场,主要经济鱼类30余种,资源较大的有鳀鱼类、鲽鱼类、鲈、舌鳎等。

### 2.1.5 浅海海域

浅海海域是保护区面积最大部分,该浅海海域水文条件优越,年径流量247亿m<sup>3</sup>;水质状况良好,除石油类超过国家海水一级标准外,其他项目均达到国家一级标准;四种营养盐(氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐和磷酸盐)成分含量极高。使这里形成黄海北部鱼类的索饵场,水产资源达到一定的数量,形成捕捞规模。

## 2.2 生物物种的多样性

保护区内生态系统复杂,已形成了复合生态系统,为各种各样的生物提供了食物和栖息环境,使保护区内的物种具有多样性和稀有性。

### 2.2.1 植物的多样性和稀有性

到目前为止保护区内共发现植物334种,低等植物55种、高等植物289种,其中包括国家级珍稀濒危植物野大豆(*Glycine soja*)和多种国家重点保护植物。

### 2.2.2 动物的多样性和稀有性

保护区内现已发现鸟类240种、鱼类88种、两栖类3种、哺乳类6种、底栖动物54种,其中世界珍稀鸟类有黑嘴鸥(*Larus saundersi*)和斑背大尾莺(*Megaiurus pyyeri*),国家一级保护鸟类有丹顶鹤(*Grus japonensis*)、白枕鹤(*Grus vipio*)、大鸨(*Otis tarda dybowskii*)、东方白鹳(*Ciconia cicicia boyciana S.*)、黑鹳(*Ciconia nigra*)等8种,国家二级保护鸟类有大天鹅(*Cygnus cygnus cygnus*)、豆雁(*Anser fabalis serrirostris S.*)等20余种,还发现了华北动物区的代表动物金线蛙(*Peiophylax plancyi*)。

## 3 自然保护区的功能区划分

为使保护区中自然资源得到应有的保护与合理的开发利用,进行了保护区总体规划。根据保护区的生态环境、资源分布和外界对保护区的干扰程度,为更好地保护自然资源和合理地开发利用资源,对保护区进行了功能区划分,将保护区分为核心区、缓冲区和实验区,并分为9个小区。

### 3.1 核心区

核心区总面积为 14642 公顷,占保护区总面积 13.55%,以孤山芦苇沼泽为核心,同时确定厦门沟、文安滩、东港港区、北井子和黄土坎等核心小区共 6 个部分,该区中包含了芦苇沼泽、海洋、海岸、河口湾滩涂等生态环境。

### 3.2 缓冲区

缓冲区位于核心区以外地区,可防止核心区受外界影响的作用,总面积 71057 公顷,占保护区总面积的 65.76%,该区中包含了陆地、沼泽、滩涂和浅海海域 4 种生态类型,主要进行从事科学研究、观测、教学实验和科学实验活动。

### 3.3 实验区

实验区缓冲区以外地区,总面积 22358 公顷,占保护区总面积的 20.69%。该区有农田、滩涂、海洋和岛屿等生态类型,可以进行从事科研实验、教学实习、参观考察、珍稀物种繁育、旅游和一般性生产活动。根据实际情况设立了 3 个小区:北井子珍稀动物繁育实验区、东港实验区、大鹿岛风景旅游区。

## 4 自然保护区的建设

为保证保护区自然作用得以保存,使这一瑰宝持久地为人类服务,必须对自然保护区进行建设,主要工程有:资源保护工程建设、科研与宣教工程建设、资源开发与利用工程和管理工程建设。

### 4.1 资源保护工程建设

资源保护工程建设是保护区建设的重点,也是资源得以保护的保证。

#### 4.1.1 核心区入口标志工程

此项工程包括:入口标志、值班房、鸟瞰亭。建设在核心区与缓冲区交界处,投资 11 万。

4.1.2 界桩、标牌工程 为保证保护区的管理,按照规定并结合保护区的自然地段因地制宜设置保护区边界界桩、核心区界桩、限制性界桩、指示性标牌、解说性标牌和保护区名称标牌等。共设置界桩 77 个,标牌 113 个,投资 12.31 万元。

#### 4.1.3 刺铁丝网工程

保护区的周边地区经济活动较为发达,对于人、畜易进入地区设置刺铁丝网,禁止人、畜入区,修建新黄土坎——孤山公路南侧和孤山镇—核心区西侧刺铁丝网工程,共计 19264 m,投资 319.02 万元。

#### 4.1.4 望塔工程

在核心区北侧,修建瞭望塔,塔高 20 m,投资 20 万元。

#### 4.1.5 基础设施工程

为保证保护区开展好各项工作,必须进行保护区管理机构的基础设施建设。管理局、管理站办公用房等建设用房面积  $3300\text{m}^2$ ,投资 326 万元。

### 4.2 科研与宣教建设

保护区是生态学、生物系、地质学、地理学、古生物学以及诸多学科的研究基地,必须利用这一优势开展科学的研究和宣传教育,进行科研与宣传建设。

科研建设以实验室为主,包括环境研究室、生物研究室、标本室建设,开展科研监测,动、植物种群数量与季节消长变化、时间与空间分布等,建设投资 15 万元。

宣传教育建设以科普室、音像室和标本室为主,建设投资 20.48 万元。

### 4.3 资源开发利用建设工程

资源开发利用是在实验区和保护区外围地区进行自然资源的开发和多种经营,一方面使资源得到合理开发利用,另一方面增加得到合理开发利用,增加该保护区收入,增强自养性。资源开发与利用建设工程主要包括生物资源开发利用建设、景观资源开发利用建设。

#### 4.3.1 生物资源开发利用建设

主要以建设养殖厂、水产品深加工厂为主,以投资少技术含量较低起步,适当加大力度。如沙蚕养殖、芦苇种植等,技术投资 10 万元。

#### 4.3.2 景观资源开发利用技术

保护区人文景观和自然景观丰富,如孤山古建筑群、大鹿岛风景名胜区、东港港区景观以芦苇沼泽、海洋等为开展旅游观光奠定了物质基础,也为保护区的自养提供条件。建设投资 36 万元,开展旅游观光活动。

### 4.4 管理工程建设

该保护区在经济发达地区,且战线长,必须加强保护区的管理工作,进行管理工程建设。近期内将增加管理人员,编制至 20 人,事业经费每年 25 万元,同时指定出相应的保护区管理办法,加强管理人员的业务知识培训。

通过以上工程的建设,使物种、生境得以保护,经济与环境协调发展,造福于子孙后代。

### 参 考 文 献

- 陈灵芝(主编). 1993. 中国的生物多样性——现状及保护对策. 北京: 科学出版社, 164-218  
世界资源研究所等著. 1993. 全球生物多样性策略. 北京: 中国标准出版社, 1-26  
辽宁省海岸带办公室中国科学院院生物多样性委员会译编. 1989. 辽宁海岸和海洋资源综合调查及开发利用报告. 大连: 大连理工大学出版社, 4-101  
于砚民. 1995. 大兴安岭地区湿地生态环境及其保护对策. 环境科学研究. 8 (6):12-16  
谢会斌. 1995. 海南岛生物多样性保护研究. 环境科学研究. 7 (3): 27-29

## A STUDY ON THE BIODIVERSITY AND THE CONSTRUCTION OF THE NATURE RESERVE OF THE COASTAL WETLAND AT THE MOUTH OF THE YALUJIANG RIVER

Dong Zhigang, Wei Chun

(Dandong Environment Protecting and Monitoring Station, Dandong 118002)

In this paper, the physical conditions of the nature reserve of the coastal wetland at the mouth of the Yalujiang River were introduced, and the information of its ecological environment, its biodiversity, its rare and endangered species of organisms and its functional division was provided. Finally, a plan on the conservation of the natural resources, the scientific research and education, and the exploitation and management of resources in this reserve is proposed.

**Key words:** Biodiversity, Function area, Construction, Nature reserve

## 辽宁双台河口国家级自然保护区 建设与生物多样性的就地保护

杨福林 李玉祥 曹希仁 杨玉成

(辽宁双台河口国家级自然保护区管理处,辽宁盘锦 124010)

**摘要** 辽宁双台河口自然保护区位于辽宁省盘锦市境内辽东湾北部双台子河入海处,总面积8公顷。该区湿地生态环境独特,物种资源丰富,分布有鱼类125种、两栖爬行动物14种、哺乳动物21种、昆虫300种、鸟类236种、植物178种,典型的滨海湿地生态环境,为国际湿地生物多样性保护提供良好的保护和科研基地,先后被纳入“中国人与生物圈保护区网络”和“东亚—澳大利亚水鸟迁徙航道”网络保护区。建区10年来,在有关部门和国内外有关自然保护组织的支持与帮助下,积极开展了自然资源保护和科学的研究,加强了国际交流与合作,为湿地生物多样性保护提供理论依据,初步完善了保护区的管理机构和基础设施,进行了功能区划,建立了野生动物救护中心,制定了“辽宁双台河口国家级自然保护区管理办法”,有效地保护了辽东湾北部湿地生态环境的完整性和湿地生物多样性,为国际湿地的保护作出了贡献。

**关键词** 保护区建设 生物多样性 保护 双台河口自然保护区

### 1 引言

生物多样性研究是近年来生态学或整个生物学中最受关注的热点,保护生物多样性,使生物资源得到永续利用,是全世界社会经济持续发展的重要内容。滨海湿地处于海陆过渡地带,具有边缘效应,物种分布丰富,是保护生物多样性最重要的区域之一。建立自然保护区对生物多样性进行就地保护是生物多样性保护的最佳途径。本文主要阐述了双台河口自然保护区在加强自身建设的同时,认真做好生物多样性的研究,并在研究的基础上,采取有效措施进行生物多样性的就地保护,为国际湿地和湿地生物多样性保护作出了积极贡献等情况。

### 2 双台河口自然保护区的建设

#### 2.1 自然概况

双台河口自然保护区位于辽宁省盘锦市境内,辽东湾顶端的双台子河入海口处,地理坐标介于 $121^{\circ}45' \sim 122^{\circ}00' E$ , $40^{\circ}45' \sim 41^{\circ}10' N$ ,是由辽河、双台子河、大凌河等一系列河流作用形成的冲海积平原,总面积80000公顷,是一个以保护丹顶鹤、黑嘴鸥等多种珍稀水禽及其赖以生存的滨海湿地生态环境为主的野生动物类型自然保护区。

本区属暖温带大陆性半湿润季风性气候,四季分明,年平均气温为 $8.4^{\circ}C$ ,年较差为 $34.5^{\circ}C$ ;全年平均降水量为623.2 mm,区内年平均蒸发量为1669.6 mm,是年降水量的2.7倍,平均结冻日为155 d。地貌为冲海积平原,地势低洼而平坦,由东北向西南微微倾斜,海拔高度为1.3~4.0 m,坡降为 $1/20000 \sim 1/25000$ ,海岸地带地势低洼,潮沟发育;地貌可划分为三个单元:即湿地平原、滩涂河口沙洲和水下三角洲。

水是构成保护区河口湿地的主要生态因素,包括地表水和地下水,二者又直接或间接受海

水和潮水的影响。地表水主要有由此流入辽东湾的大凌河、饶阳河、双台子河、大辽河水和潮汐水及河口外区域浅海水;地下水为埋于湿地 0.00~1.10 m 的咸水。

保护区内的土壤成土母质是由海水冲积物和河流冲积物组成,质地粘细,在地表水和地下水的作用下通过生物成土过程形成含有一定盐分的土壤,主要土类有滨海盐土、沼泽土、草甸土和水稻土。

由于双台河口自然保护区湿地土壤过湿,盐分较重,因而植物区系组成贫乏,植被类型少,主要由水生和湿生类群组成,其中芦苇分布为优势群落,面积达 47000 公顷,位居世界第一位。

## 2.2 保护区的建设

双台河口自然保护区始建于 1985 年,为市级水禽自然保护区;1987 年升格为省级自然保护区;1988 年,经国务院批准,列为国家级自然保护区;1993 年由林业部批准,成为中国人与生物圈保护区网络成员;1996 年 4 月被纳入“东亚—澳大利亚水鸟迁徙航道网络”保护区。建区 10 年来,在林业部、辽宁省林业厅、地方政府和国内外有关保护组织的支持与帮助下,初步完善了管理机构和基础设施建设,为有效开展生物多样性保护工作打下了基础。

一是对自然资源进行了清查摸底,划定了保护区界限范围,埋设了界标,完成了总体规划,制定了长远规划。二是健全管理机构,完善管理体制。保护区管理处下设资源管理科、宣传教育科、治安警察大队、办公室、东郭管理站、赵圈河管理站和滩涂管理站、野生动物救护繁育中心;配齐了管护和科技人员,现有人员 22 人,其中科技人员 11 名。三是进行了处、站址办公楼和职工住宅楼的建设,已先后完成了 1000 m<sup>2</sup> 的办公楼、1500 m<sup>2</sup> 职工住宅楼、300 m<sup>2</sup> 的赵圈河管理站和 300 m<sup>2</sup> 的滩涂管理站、120 余 m<sup>2</sup> 的东郭管理站及宣传教育中心的建设,为湿地管理工作的正常开展打下了基础。四是加强宣传教育,提高全民自然保护意识和保护区的知名度。双台河口自然保护区范围内水产养殖、渔业生产、水稻种植和石油生产等人为活动较多,对动植物资源影响较大,必须加强宣传教育工作,保护区管理处通过印发《关于保护野生动物的通告》和《辽宁双台河口国家级自然保护区管理办法》、散发传单和宣传画、利用报刊、电台、电视台等宣传媒介,加强保护区和自然保护的宣传工作,提高了全民的自然保护意识,对湿地和湿地生物多样性的保护起到了积极作用。五是把双台河口自然保护区的建设纳入地方生态市建设的规划,与地方经济建设同步发展。保护区所在地盘锦市已被国家环保局列为全国“生态市建设示范区”,双台河口自然保护区的建设作为一个重要组成部分纳入到盘锦市“九五”和 2010 年规划中,为保护区今后的发展提供了保障。

## 3 双台河口自然保护区生物多样性状况

双台河口保护区是为物种保护而建立的湿地保护区之一,由于该区位于海陆的交错地带,受边缘效应的影响,湿地物种分布极为丰富,据调查统计:共分布有植物 178 种、动物 808 种。

### 3.1 植被

#### 3.1.1 植被区系特点

本区植物区系特征属华北植物区,区内少有木本植物分布,偶见有零星的杨、柳、榆单株树,植物种类比较单一。分布有植物 178 种,呈优势分布的有 30 余种,建群植物不过 10 种。由于没有高地和天然的树林,植物区系仅限于盐沼和耐盐植物的组合,再加上淡水沼泽和干旷草地的种类。

#### 3.1.2 植物群落类型

保护区的植被由于受土壤、水、潮汐的影响,可划分为 12 个群系,即:柽柳群落 (Form.

*Tamarix chinensis*), 白刺、辽宁碱蓬复合群落(Form. *Nitria sibirica* and *Suaeda liaotungensis*), 罗布麻群落(Form. *Apocynum venetum*), 拂子茅群落(Form. *Calamagrostis epigios*), 羊草群落(Form. *Anenolepidium chinense*), 芦苇草甸(Form. *Phragmites communis*), 獐茅群落(Form. *Aeluropus litoralis*), 翅碱蓬群落(Form. *Suaeda heteroptera*), 芦苇沼泽(Form. *Phragmites communis*), 香蒲沼泽(Form. *Typha przewalskii*), 眼子菜群落(Form. *Potamogeton heterophyllum*), 穗状狐尾藻群落(Form. *Myriophyllum spicatum*)。

### 3.1.3 浮游植物

本区有浮游植物近百种, 分为 6 个类群:

淡水喜盐生态群落: 分布在淡水和少盐水生境。优势种有颤藻、细藻、四角藻等。

河口生态类群: 分布在咸淡混合水生境。优势种有拟新月藻、卵形衣藻、绿裸藻。

海水生态类群: 分布在河口外海水生境。优势种有大螺旋藻、格孔盘星藻。

沼泽生态类群: 主要分布在芦苇沼泽。优势种有多变鱼星藻、小头菱形藻。

滩涂生态类群: 分布在滩涂及潮沟两侧。优势种有针杆藻等。

稻田生态类群: 分布在稻田水体中, 主要有北方鱼纹藻、裸藻。

## 3.2 动物

### 3.2.1 种类组成

辽东湾北部湿地动物种类丰富, 在现有的 808 种动物中, 有无脊椎动物 412 种、脊椎动物 396 种, 其中: 甲壳类 49 种, 分属于 5 目 22 科, 主要有天津厚蟹、颗粒关公蟹、中华绒螯蟹、对虾、中国毛虾等; 昆虫 300 种, 隶属于 11 目 77 科; 软体动物有 63 种, 隶属于 4 个纲 12 目 26 科, 主要有文蛤、四角蛤蜊、毛蚶等; 鱼类 125 种, 隶属于 19 目 57 科, 淡水种类 38 种, 主要有鲤、草、鲢鱼等; 海洋鱼类 41 种, 主要有小黄鱼、带鱼、白姑鱼等; 海、淡水间洄游鱼类 16 种, 主要有黄鳍、鲈鱼、梭鱼等; 两栖爬行动物 14 种, 两栖动物 4 种、爬行动物 10 种; 兽类 21 种, 隶属于 7 目 11 科, 主要有普通刺猬、狐、黄鼬、草兔、海豹和多种鼠类; 鸟类 236 种, 隶属于 17 目 46 科 125 属。

### 3.2.2 生态类群

1) 浮游动物生态类群: 可分为五个生态类群, 即:

淡水生态类群, 生活在淡水或少盐河流中, 优势种为绿草履虫、各种轮虫等。

河口生态类群, 生活在河口附近、咸淡水混合的少盐和多盐水河段中, 优势种有爪猛水蚤、河壳虫等。

海水生态类群, 生活在河口外多盐水或海水中, 以眼点滴虫、变形滴虫、有孔虫等。

沼泽生态类群, 生活在沼泽的静水中, 优势种有有节鳞壳虫、长腹近剑水蚤等。

稻田生态类群, 生活在稻田水体中, 主要有绿眼虫、舟形虫等。

2) 无脊椎动物生态类群: 按生境特点可分为淡水和海水两个生态类群。

淡水生态类群, 生活在不受海水影响的淡水湖沼中, 代表种有萝卜螺和卵萝卜螺等。

海水生态类群, 生活在滩涂和海域, 主要种类有天津厚蟹、泥螺、文蛤、海蛰、对虾和毛虾等。

3) 脊椎动物生态类群, 主要分为以下几种类群:

芦苇沼泽鸟类生态类群: 该鸟类群分布在本区占地面积最大的芦苇生长区, 也是淡水、浅水水域广阔的地区, 除生长有茂密的芦苇外, 还分布有浮萍、三棱草、香蒲等, 该区鸟类群的代

表种有骨顶鸡、风头麦鸡、斑嘴鸭、须浮鸥等,丹顶鹤于本区繁殖,大苇莺是夏季的优势种。

滩涂碱蓬鸟类群:分布在较长的海岸线和大面积滩涂处,特别是河流入海处,除生长有碱蓬外,几乎没有其他植物生长分布,常见的种类有黑腹滨鹬、黑尾塍鹬、红嘴鸥、黑嘴鸥、苍鹭、雁鸭和其他鹬类等。红嘴鸥为本区代表种。

农田草地鸟类群:分布在道路两旁、水田和荒草甸,代表种有田鹨、喜鹊、灰椋鸟、灰沙燕等。冬季有风头百灵等。

河沿沟渠鸟类群:主要分布在河流、渠道、水塘岸边。代表种有草鹭、白鹭、红脚鹬、青脚鹬等。

居民点鸟类群:主要有麻雀、家燕、金腰燕、戴胜、金翅雀等。

### 3.3 重要物种的分布

双台河口自然保护区分布有脊椎动物 396 种,其中国家一级保护动物 4 种,即丹顶鹤、白鹤、白鹳、黑鹳;二级保护动物 28 种,主要有灰鹤、蓑羽鹤、大天鹅、白额雁、黄嘴白鹭、渤海斑海豹等。有中日候鸟保护协定规定保护的鸟类 145 种,中澳候鸟保护协定规定保护的鸟类 46 种;在国际、国内有重要保护意义的物种有丹顶鹤、白鹤、黑嘴鸥、震旦鸦雀、斑背大苇莺、渤海斑海豹等;本区既是我国野生丹顶鹤繁殖分布的最南限,也是世界上黑嘴鸥种群最大面积的繁殖地,同时,又是斑海豹在西北太平洋地区的 7 大繁殖区中在我国的唯一繁殖地。

本区不仅是鸟类南北迁徙路线的主要停歇地,也是重要繁殖地,在分布的 236 种鸟类中,有夏候鸟 53 种、旅鸟 165 种、冬候鸟 11 种、留鸟 7 种;区内广阔的潮间带滩涂是在西伯利亚和东南亚(或澳大利亚)间长途迁飞的涉禽良好的停歇与取食场所,因而在国际湿地和湿地生物多样性保护方面居于重要地位。

## 4 生物多样性的就地保护

### 4.1 科学划分功能区

本保护区的边界基本是按东郭、赵圈河两个苇场内的湿地范围划分的,为了与区内生产单位结合,便于保护管理,按苇场、分场(管区)的范围,划分为两个功能区。

核心区:包括河东以赵圈河苇场的向阳管区和红旗管区分界线,南至接管厅,东从罗锅糖铺、拐弯铺、虾场起至双台子河;河西包括东郭苇场的孙家流子分场、罗家分场、小河分场全部、三道沟南面的预征地、南至辽东湾冰凌线以下,面积 49000 公顷(包括双台子河主河道),占保护区面积的 61.0%。其中在东郭苇场 34000 公顷,占核心区的 70.3%,赵圈河苇场 6800 公顷,占核心区的 13.9%,双台子河 7600 公顷,占核心区的 15.8%。

实验区:本区是保护区进行科学实验的主要场所,同时兼有保护核心区作用的地带。除上述核心区的范围外,都是实验区范围,面积 31200 公顷,占保护区面积的 39.0%,包括接管厅南面石油路北面的预征地面积。其中在东郭 21100 公顷,占实验区面积的 67.6%,在赵圈河 10000 公顷,占实验区面积的 32.4%。

鉴于保护区范围内人为活动多,生态环境破坏较大,野生动物原始栖息环境逐渐收缩的状况,为了保护珍稀水禽资源,有效保护生物多样性和滨海湿地生态系统,1991 年又划拨了 3330 公顷的滩涂和 200 公顷的芦苇沼泽作为绝对保护区和实验基地进行特别保护。

### 4.2 依法治区

依据《中华人民共和国野生动物保护法》、《中华人民共和国森林和野生动物类型自然保护区管理办法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》、

《辽宁省森林和野生动物类型自然保护区管理实施细则》及有关法律法规,结合盘锦地区和保护区的实际,制定了《辽宁双台河口自然保护区管理办法》,并于1994年6月经盘锦市政府常务会议审议通过,使保护区的保护管理真正走上了依法治区的轨道;同时,还加强了保护区公安队伍的建设,成立了盘锦市公安局自然保护区治安警察大队,积极开展区内巡护检查,严厉打击各种乱捕滥猎野生动物和破坏湿地生态环境的违法活动,几年来,共收缴猎枪200余支,没收车辆两台,罚款3万余元,有效地保护了区内湿地生态环境和湿地生物多样性。

#### 4.3 采用人工措施,维护湿地的原始状态

保护区东部的滩涂,也就是辽河小三角洲农业综合开发区内,由于防潮堤的筑成,使滩涂和潮间带滩涂的天然连续体被分割开来,堤内植被在无海水的影响而不断向高大和密集型增长,湿地的原始性逐渐丧失,不利于野生动物,尤其是雁鸭类水禽的栖息与繁殖,为了恢复其原始状态,一方面建立了围栏,防止人、畜等进入破坏生态环境;一方面引海水灌溉,控制植物的过高、过密生长,恢复湿地。经过一年多的管理,已取得良好成效,既维护了湿地,又为鸟类提供了较好的栖息环境,仅今年秋季就栖息有雁鸭类10余种10000余只。

#### 4.4 开展科研工作,为湿地生物多样性保护提供依据

##### 4.4.1 资源清查摸底及与国内科研合作

本区动植物资源的本底研究在历史上是空白点,1982年辽宁省林业厅组织进行全省动物资源普查时,在保护区的东部不仅发现了丹顶鹤的繁殖群,还记录到鸟类135种。保护区建立后,积极开展了资源清查摸底和科研工作,先后与辽宁省鸟类研究中心、辽宁省林业厅、辽宁省水产研究所等有关部门合作进行了“辽宁盘锦湿地鸟类区系调查与综合利用研究”、“渤海斑海豹的分布、资源现状和管理的研究”、“人工恢复黑嘴鸥繁殖生境技术的研究”等课题研究工作,全面系统地掌握了保护区鸟类分布与种群状况,记录到鸟类236种,还发现黑嘴鸥、斑背大苇莺的繁殖群,对震旦鸦雀、蛎鹬、须浮鸥等鸟类的繁殖生态进行了研究,统计到丹顶鹤400余只、白鹤425只、白鹳380余只,改写了翘鼻麻鸭在辽宁省的分布记录;同时还对鸟类和海豹的保护管理提供了合理化的建议,推动了保护区生态环境保护管理工作的科学化发展。

##### 4.4.2 加强国际合作,积极拯救世界濒危物种

开展国际间合作是自然保护事业逐步向国际化发展的必然需求,几年来,我们先后与日本、世界自然基金会香港分会等有关组织进行了科研合作。

一是与日本野鸟之会合作进行了“盘锦湿地鸟类种群繁殖生态”的研究工作,主要对丹顶鹤、斑背大苇莺、草鹭、苍鹭等30余种繁殖鸟的种群数量、繁殖生境选择、繁殖条件、保护状况等方面进行了研究,并提出了管理保护方案,为科学管理提供了理论依据。二是与世界自然香港基金会合作进行了“黑嘴鸥繁殖生态及其繁殖地管理研究”的研究,并制定了“辽宁双台河口国家级自然保护区管理计划”,基金会已在该项计划中给予技术与仪器设备和资金方面的支持。1991年4~8月,双方一起对双台河口保护区黑嘴鸥的繁殖进行了研究,找到了黑嘴鸥繁殖区5处,发现巢400余个、统计到成鸟1200余只、幼鸟370余只、环志125只。此次研究,在世界上彻底揭开了黑嘴鸥繁殖之谜。从近几年调查情况看,全世界黑嘴鸥种群不超过3000只,它们仅在中国东部沿海河口处营巢繁殖,而双台河口自然保护区是其种群的最大面积繁殖地。因而,为了加强对这一世界珍稀物种群和栖息繁殖地的保护管理,针对由于滩涂开发所造成的植被演替过快而影响黑嘴鸥繁殖的矛盾,我们利用人工清除高棵碱蓬、繁殖地内架设电网(防止天敌危害黑嘴鸥的巢与卵)和防潮堤外滩涂建筑人工岛等措施,成功的吸引了黑嘴鸥

营巢繁殖,提高了繁殖成功率,扩大了野生种群。

## 5 讨论

双台河口湿地是自然界长期发展演变的产物,它具有很高的生产力和多种生态功能,湿地生物种类繁多,在调节陆海生态平衡和世界生物多样性保护中居于重要地位,但是长期的开发,特别是近几十年的区域农业和石油的开发,湿地生态环境受到了严重地破坏,急需加强保护管理工作。建议有关部门:

- (1)对保护区的核心区进行绝对保护,立即停止一切开发工程和生产活动。
- (2)重新对保护区进行规划,根据现有重要物种的分布和生物多样性的丰富度进行科学规划,切实落实好核心区的保护管理工作。
- (3)伪装核心区内的工程和建筑。
- (4)扩大苇田面积,芦苇是双台河口湿地的重要组成部分,也是多种鸟类的良好栖息地,同时,又是造纸的主要原料,因而,发展芦苇具有重大的经济和社会效益,也有利于湿地生物多样性的保护工作。

## 参 考 文 献

金连奎等. 1991. 辽宁盘锦湿地鸟类区系调查及综合利用研究. 野生动物

辽宁大学生态环境研究所. 1992. 辽河三角洲区域石油与农业资源综合开发建设环境影响评价. 自然保护区部分

## BIODIVERSITY CONSERVATION IN THE SHUANGTAIHEKOU NATIONAL NATURE RESERVE, LIAONING PROVINCE, CHINA

*Yang Fulin, Li Yuxiang, Cao Xiren, Yang Yucheng*

(Liaoning Shuangtaihekou National Nature Reserve Management, Panjin 124010)

The Shuangtaihekou National Nature Reserve ( $121^{\circ}45' - 122^{\circ}00' E$ ,  $40^{\circ}45' - 41^{\circ}10' N$ ), with a total area of 80,000 ha, is located in the northern part of the Liaodong Gulf, Panjin City, Liaoning Province. The wetland habitats in this area are quite unique and harbour a great riches of species, including 300 species of insects, 125 of fish, 4 of amphibians, 10 of reptiles, 21 of mammals, 236 of birds and 126 of plants. Hence, this reserve is an important national base for wetland biodiversity conservation and scientific research in China and has been accepted in "the MAB Reserve Network of China" and "Eastern Asia - Australia Shorebirds Migration Channel Reserve Network". In recent years, thanks to the support from the pertinent departments of the government and some nature conservation organizations, conservation work and scientific research of the natural resources in this reserve have been conducted in order to set up the theoretical basis for wetland biodiversity conservation, and some exchange and cooperation relationships with other related organizations have been established. Furthermore, the management and the infrastructure have been greatly improved; the functional regionalization of the reserve has been accomplished and an emergency treatment center for wildlife has been built, and a document entitled "The Management Measures of Shuangtaihekou National Nature Reserve" has also been issued. Thus

the wetland biodiversity in the northern Liaodong Gulf has been under very effective protection, which can be regarded as a contribution to the protection of the wetland biodiversity in China and the world as well.

**Key words:** Reserve construction, Biodiversity protectiou, Shuangtaihekon National Nature Resserve

## 辽宁省的生物多样性保护与持续利用

邱英杰

(辽宁省林业厅,沈阳 110001)

**摘要** 辽宁省地处东北大陆南端,横跨5个纬度,濒临黄海、渤海,是长白、华北、蒙古三大植物区系和东北、华北、蒙新三大动物区系的交汇地带,生境复杂,生物多样性丰富。全省有高等植物2200余种,低等植物8000余种,脊椎动物850多种,浮游和底栖动物700余种,无脊椎动物4000多种。由于物种多样性丰富,加之复杂的地势地貌,其遗传、生态系统多样性也十分丰富。建国以来,辽宁省委、省政府十分重视对生物多样性的保护,采取多种有力措施,大力开展宣传教育,认真贯彻执行有关法律、法规,建立自然保护区,全省连续6年禁猎,划定禁猎区,开展生物多样性科学的研究和野生动植物资源调查等,并取得了可喜的成绩。但由于辽宁历史上开发早,自然资源和自然环境破坏严重,加之重工业、矿山开采业比重大,人口增加,要使生物多样性得以保护和持续利用,还要进行大量卓有成效的工作。①制定全省生物多样性保护和持续利用总体规划,纳入政府行为;②进一步深入开展生物多样性保护的宣传教育;③加大执法力度,强化野生动植物资源保护管理和环境污染的防治;④加强自然保护区建设;⑤开展科学的研究和自然资源的本底调查。

**关键词** 辽宁 生物多样性保护 持续利用

生物多样性包括物种多样性、遗传多样性和生态系统多样性。由于生物多样性是人类赖以生存、社会经济得以发展的基础,因此,生物多样性保护和人类的生存息息相关。作为全球生物多样性的组成部分,辽宁省丰富的生物多样性,在国际上占有重要位置,其保护如何,不但影响着本省自身的持续利用,而且对全球生物多样性保护,也将起着举足轻重的作用。地理位置上,辽宁省地处中国东北大陆南端,南北横跨5个纬度,濒临黄海、渤海,有着中国纬度最高的海岸线,辽东半岛直插入海,在渤海北岸形成了举世闻名的辽东湾。

地势地貌上,全省地势自北向南,由东、西向中部倾斜,山地丘陵分列东西两侧,中部为辽河平原,向南延伸至辽东湾。其中辽东山地以长(春)大(连)铁路为界,是长白山的南部延伸,由哈达岭、龙岗山和千山等山脉组成,地貌切割激烈,为全省最高区域,其中花脖山为全省最高峰,海拔1336 m。辽西丘陵山地以锦州市经新立屯至彰武一线为界,由努鲁儿虎山、松岭山、黑山、医巫闾山等组成,除几座山峰海拔在1000 m以上,一般均在700 m以下。海岸形成一东西狭窄地带,就是著名的辽西走廊。辽河平原为辽河冲积平原,地形平坦开阔,一般海拔在50 m以下。黄海、渤海的沿海岸地带长达2100多km,除鸭绿江口经大洋河口至老鹰背和盖平角至小凌河口为泥质海岸外,其余海岸均为岩岸和砂质海岸。沿海分布大小岛屿506个。

气候上,全省属大陆性季风气候,全年降水量在400~1200 mm之间,由东向西递减,其中东部的宽甸县,最高年降水量可超过1200 mm,而西部的建平县,最低年降水量还不足400 mm。降水量以7、8月份为最多,约占全年降水量的60%多。全省年平均气温在5~11℃之间,无霜期约125~215 d,四季分明,各有特色。

水资源上,全省有大小江河 300 多条,均注入黄海和渤海。其中较大河流有辽河、浑河、太子河、鸭绿江、大凌河、小凌河、绕阳河、双台子河等。有水库 1100 余座,其中大型水库 20 多座,中型水库 50 多座。还有天然湖泊 300 多处。

土壤上,全省分为五个土壤区,即东部山区棕色和暗棕色森林土区,辽西丘陵褐土区,辽西北风沙土区,辽河中下游草甸棕壤和草甸土区,以及辽河下游滨海盐渍土区。

由于辽宁省所处的特殊地理位置和独特的长白、华北、蒙古三大植物区系,东北、华北、蒙新三大动物区系的交汇地带,以及上述自然环境因子的作用,造就了辽宁省丰富的生物多样性。全省有高等植物 2200 余种,低等植物 8000 余种,脊椎动物 827 种,无脊椎动物 4000 多种,还有浮游动物、底栖动物 700 多种。其中主要木本植物 408 种,脊椎动物中兽类 81 种(海洋兽类 12 种),鸟类 380 种,爬行类 28 种,两栖类 16 种,鱼类 322 种,物种多样性非常丰富。而丰富的物种多样性,使得其遗传多样性倍加复杂和丰富。由于全省自然地理兼有山地、丘陵、平原、海洋、湖泊、河流、滩涂、沼泽、草地、稻田、荒漠、沙丘、冻原、人工水库等多种特点,水热条件不一,加之丰富的物种,形成了丰富的生态系统多样性。如辽东地区北纬 41℃ 附近的桓仁县老秃顶子山、宽甸县的白石砬子山一带,海拔均在 1000~1400 m,属典型的深切割低中山区。然而,就在这中山地带,却有着明显的中山植被垂直带谱(董厚德,1987),即海拔 400~900 m 为次生的落叶阔叶林带,主要由次生的蒙古栎林和杂木林组成。海拔 900~1100 m 为杉松红松阔叶混交林带,为本山地的植被茎带,即本区的水平植被带。海拔 1100~1200 m 为冷杉云杉林带,由臭冷杉 (*Abies nephrolepis*) + 鱼鳞云杉 (*Picea jezoensis*) 林和臭冷杉 + 鱼鳞云杉阔叶林组成。海拔 1200 m 以上的陡峭中山上部为岳桦 (*Betula ermanii*) 矮曲林带。海拔 1300 m 以上的中山山顶,出现红丁香 (*Syringa villosa*) 灌丛和蹄叶橐吾 (*Ligularia fischeri*) 杂类草草甸。这些均为东亚地区罕见的。辽西地区的医巫闾山,有东亚最大面积的天然油松林,辽南地区的庄河仙人洞,有东亚地区保存最好、面积最大的天然赤松林,还有第四纪冰川遗留下来的亚热带植物三桠钓樟、海洲常山等。辽东湾北岸的双台子河地区,有亚洲面积最大的芦苇沼泽,还有全省面积最大的水稻田。这些丰富的生态系统多样性,又为物种多样性提供了可靠的生存条件。使得辽宁不但成为兽类、鸟类、两栖爬行类的乐园,而且还是东亚澳洲候鸟迁徙的重要通道。在中日候鸟保护协定所列 227 种保护候鸟中,辽宁有 202 种,在中澳候鸟保护协定所列 81 种保护候鸟中,辽宁有 54 种,都是全国所占种类数最多的省份。特别是多年的调查和环志,充分证明了新西兰、澳大利亚、东南亚各国,以及日本、韩国、朝鲜的候鸟,绝大多数种类和数量,都是经辽宁进行南北迁徙的。近几年,日本野鸟之会用无线电跟踪的鹤类,也都是经辽宁进行迁徙。使得辽宁的生物多样性不但在国内重要,而且在国际上也具有重要的地位。

1949 年以来,辽宁省委、省政府十分重视生物多样性的保护,采取各种有利措施,广泛开展保护宣传教育,制定有关法规,强化执法监督,建立自然保护区。大力开展植树造林,实施了“三北”防护林工程,沿海防护林工程,平原防护林工程,治沙工程,东部水源涵养林工程,辽河整治工程,进行全省绿化,使全省森林面积由解放初的 188 万多公顷,增长到现在的 460 多万公顷,森林覆盖率也由 12.9% 提高到现在的 31%。全省有自然保护区 30 多处,其中森林和野生动物类型自然保护区 21 处,有国家级 5 处,即大连的蛇岛老铁山,仙人洞,盘锦的双台河口,锦州的医巫闾山,丹东的白石砬子。省级 4 处,即本溪的老秃顶子,丹东的凤凰山,阜新的海棠山,青沟。还有市、县级 12 处。面积 14.5 万多公顷,占全省国土面积的 1%。区划建立了 5

处狩猎场,面积1.6万多公顷,还划定了57处禁猎区。特别是省政府决定进行的6年全省禁猎(1987~1993),对恢复和发展野生动物资源起了重要作用。

省里成立了辽宁鸟类研究中心,辽宁省野生动物繁育研究中心,进行了鸟类环志和珍稀濒危野生动物的繁育研究,并与世界自然基金会(WWF)、日本野鸟之会等国际保护组织和省内、省内大专院校、科研院所进行合作研究和交流,完成了全省鸟类调查,熊、蛇、麝类资源调查,盘锦湿地鸟类区系调查,辽宁省海岸带资源调查,辽宁省海岛资源调查,渤海斑海豹资源现状及管理研究,全省国土规划、农业区划、渔业区划、植被区划、森林资源清查及国土资源调查等,出版了《辽宁农业区划》、《辽宁植被区划》、《辽宁国土资源》、《辽宁国土规划》、《辽宁植物志》、《辽宁动物志》、(兽类卷、鸟类卷、两栖爬行类卷、鱼类卷)、《东北鸟类》、《辽宁鸟类考察报告》、《辽宁海岸带和海涂资源综合调查及开发利用报告》、《辽宁森林》、《辽宁树木志》等一大批生物多样性方面的专著和大量的有关论文。全省基本上形成了完整的保护、科研体系,自然资源和自然环境有效地得到了保护、恢复和发展。如国家重点保护动物黑熊、丹顶鹤,数量分别比1985年增加30和100多只,灰鹤在辽宁越冬群也从原来的不足百只,增加到现在的400多只,在双台河口国家级自然保护区繁殖的世界珍禽黑嘴鸥,由1990年的1300多只,增加至1996年的2100多只,是国际上黑嘴鸥最大的繁殖地。

但是,由于辽宁历史上开展早,加之连年战乱和帝国主义的掠夺,使全省的自然资源和自然环境遭到了严重的破坏,东北虎、麋鹿、冠麻鸭、朱鹮等一些珍稀野生动物早已灭绝,就连素有“棒打獐子瓢舀鱼,野鸡飞到饭锅里”的朝阳地区,也早已由原来的山青水秀变成了穷山恶水,虽然40来年的植树造林和封山育林,仍然远远没有恢复到原来状态。科尔沁沙地仍在向南推移,莫让辽东变辽西的呼声也日益高涨,矿山、重工业、化学工业造成的环境污染,加之人口增长过快和不合理的开发及竭泽而渔式的过度利用,使自然资源和自然环境的发展受到严重阻碍,全省生物多样性保护的形势还仍然很严峻,造成的洪、旱、沙、风灾,还需下大力气,采取有利保护措施,强化管理,依法行政,坚持实行可持续发展战略,进一步协调人口、资源、环境与发展的关系,解决好经济和社会高速发展时期对生物多样性的压力,以保证对生物多样性的持续利用。

1 制定全省生物多样性保护和持续利用总体规划,并纳入政府行为。要根据中央的2000和2010年规划,结合中国21世纪议程,以及国家的生物多样性保护行动计划,结合辽宁的实际情况,制定全省生物多样性保护规划,做到长远打算,近期有安排。要让各级政府认识到制定和实施规划是至关重要的,以把生物多样性保护和持续利用纳入政府行为,纳入到全省社会、经济发展计划之中。多年实践证明,生物多样性保护与持续利用没有规划是不行的。一些行业出现的资源危困,经济危机,就是与没有长远规划,盲目生产、开发和短期行为所造成的恶果。经济越是高速发展,制定生物多样性保护和持续利用规划越重要。目前,辽宁省计划委员会已制定了辽宁国土综合规划,省林业厅制定了林业发展规划,省农办制定农业区划等等。这些规划的实施,将有效地保证全省生物多样性的保护和持续利用。

2 广泛深入地开展生物多样性的宣传教育。生物多样性的提出,只是近几年的事。虽然经过几年的宣传教育,并已取得了一些成效,但仍有很多人对此认识不足。特别是一些政府部门的领导,对生物多样性保护的认识也不是很高,短期行为,为换取一时的经济繁荣而牺牲环境的现象还有发生。所以,加强生物多样性保护的宣传教育还是十分必要和迫切的任务。要采取各种宣传方式,进行广泛深入的宣传教育,使全社会都认识到生物多样性保护的重要性。

和重大意义,把保护生物多样性变成广大人民群众的自觉行为,在全社会树立保护生物多样性的优良风气,加强法制教育,实行政府领导负责制,切实把保护生物多样性的工作纳入议事日程,把保护生物多样性作为社会主义精神文明建设的一项重要内容,抓出实效。

3 加大执法力度,强化野生动植物资源保护管理和环境污染的防治。为了保护生物多样性,近些年来,我国制定和实施了一系列的法律法规。主要有《森林法》、《野生动物保护法》、《草原法》、《水法》、《渔业法》、《矿产法》、《土地法》、《环境保护法》、《农业法》、《海洋环境保护法》、《水污染防治法》、《大气污染防治法》、《野生植物保护条例》、《自然保护区管理条例》、《森林和野生动物类型自然保护区管理办法》、《风景名胜区管理暂行条例》等,并参加了一些重要国际公约,如《生物多样性公约》、《国际濒危动植物种贸易公约》、《国际湿地公约》等。根据国家法律、法规和有关公约,省里也相应制定实施一系列的地方法律、法规和规章制度,为保护生物多样性提供了有效的法律武器。多年实践证明,运用法律武器是保护生物多样性的最有效途径之一,并取得了显著成效。但在这些法律武器的运用中,还存在着不到位的问题,破坏自然资源和自然环境的现象还屡禁不止,大案要案也时有发生。因此,严厉打击破坏生物多样性的违法活动,坚持依法行政,坚持执法监督,做到有法必依,执法必严,违法必纠,还是今后的长期任务。也只有这样,才能切实使生物多样性得以保护,得以持续利用。

4 加强自然保护区建设。自然保护区是生物多样性最集中的区域,也是目前生物多样性保护的最有效措施。多年的实践已充分证明了这一点。辽宁省的自然保护区从1980年开始建立到现在,虽然在类型、数量、面积上都不算少,但和全国平均水平,特别是与一些自然保护区多的国家相比,还差得很多,且布局上也不够合理,还没有形成网络,还有许多急需保护的生物多样性脆弱带没有保护起来。因此,要在建设好现有自然保护区的前提下,按照全省自然保护区发展规划,到2010年,在全省再建立自然保护区(国家级、省级)22处,面积为102.3万公顷,其中森林类型的17处,面积55.3万公顷,野生动物和湿地类型的5处,面积47万公顷。加上现有自然保护区面积,使全省自然保护区面积达到126.8万公顷,占全省国土面积的8.07%,赶上全国水平。

5 开展生物多样性科学的研究和本底调查及监测。进行生物多样性的科学的研究和本底调查,给生物多样性保护和持续利用提供可靠的科学依据,是实现可持续发展的重要手段。如矿产开发,石油开采,农业综合开发,渔业捕捞、森林采伐,野生动物猎捕等等,如想要进行得合理,都必须经过科学的研究和资源调查及监测,得出可靠数据,才能进行科学的决策。50年代以来,全省做了大量的科学的研究和资源调查,出版了一大批专著,发表了大量的学术论文,但仍然有很多领域,很多物种,需要科学的研究和调查。特别是围绕着社会、经济发展和生物多样性保护的关系问题,更有着大量的科学的研究和调查需要进行。还有现有自然保护区的发展,新建自然保护区的本底调查,一些主要野生动植物物种的个体生态、种群、群落研究,全省野生动物资源调查、珍稀濒危野生植物调查,湿地资源调查等等,还都需要进行。特别是生物多样性的动态监测,不但是今后的长期任务,而且也是生物多样性保护和利用的重要环节。因此,要制定全省生物多样性科学的研究、调查和监测规划,组织各有关生产、科研单位实施,切实做好这方面的工作,为全省生物多样性保护和利用提供科学保证。

#### 参 考 文 献

- 中国自然保护纲要编写委员会. 1987. 中国自然保护纲要. 北京: 中国环境科学出版社
- 世界自然资源研究所等. 1992. 中国科学院生物多样性委员会译. 1993. 全球生物多样性策略. 北京: 中国标准出版社
- 董厚德. 1987. 辽宁植被区划. 沈阳: 辽宁大学出版社
- 黄沐朋(主编). 1988. 辽宁动物志·兽类. 沈阳: 辽宁科学技术出版社
- 季达明(主编). 1987. 辽宁动物志·两栖类、爬行类. 沈阳: 辽宁科学技术出版社
- 李书心(主编). 1988. 辽宁植物志. 沈阳: 辽宁科学技术出版社
- 刘焯馨(主编). 1987. 辽宁动物志·鱼类. 沈阳: 辽宁科学技术出版社
- 钱迎倩等. 1995. 我国生物多样性保护与持续利用中存在的问题及对策. 见钱迎倩、甄仁德(主编)生物多样性研究进展. 北京: 中国科学技术出版社 15—23
- 邱英杰. 1996. 辽宁的湿地见林业部野生动物与森林植物保护司主编. 湿地保护与合理利用. 北京: 中国林业出版社, 401—405
- 邱英杰. 1992. 加强自然保护区建设, 保护生物多样性见辽宁省首届青年学术年会论文集(理科分册). 沈阳: 东北工学院出版社, 538—540
- 肖增祜(主编). 1988. 辽宁动物志·兽类. 沈阳: 辽宁科学技术出版社
- 张荣祖(主编). 1988. 中国自然地理·动物地理. 北京: 科学出版社
- 张廷福(主编). 1990. 辽宁森林. 北京: 中国林业出版社

## ON THE CONSERVATION AND SUSTAINABLE USE OF THE BIODIVERSITY IN LIAONING PROVINCE

Qiu Yingjie

(Forestry Department of Liaoning Province, Shenyang 110001)

Liaoning Province, traversing 5 zones in latitude, is situated in the south of northeast China. In this province, three floras, i.e. the Changbaishan Mountain flora, the north China flora and the Mongolia flora, overlap each other, so do the three faunas, i.e. the northeast China fauna, the north China fauna and Mongolia-Xinjiang fauna. Hence, the habitats in this province are quite diversified, harboring a riches of biodiversity, which includes over 2200 species of higher plants, over 8000 of lower plants, over 850 of vertebrates, over 700 of natant animals and bottom-inhabiting animals and over 4000 of invertebrates. The genetic diversity and the ecosystem diversity are also very rich in Liaoning. Since the founding of the People's Republic of China, the provincial government of Liaoning has been attaching great importance to the conservation of the biodiversity and a lot of measures have been adopted. In order to further strengthen the conservation, however, much work should be carried out. 1) An overall project should be planned for the biodiversity conservation. 2) The knowledge of biodiversity conservation should be further publicized. 3) The laws and regulations concerning biodiversity conservation should be effectively implemented. 4) Nature reserves should be better managed. 5) Scientific researches on biodiversity conservation and the survey of natural resources should be further carried out.

**Key words:** Liaoning Province, Biological diversity Conservation, Sustainable Use

# 天津物种多样性现状及丧失原因分析

董 洁 唐廷贵

(南开大学生命科学学院生物学系, 天津 300071)

**摘要** 天津是一个地域窄小, 人口稠密的大城市, 但物种多样性十分高, 有多种类型的生态系统和大量的生物物种。本文报道了天津市山地生态系统、湿地生态系统及海洋生态系统中的生物物种多样性。据调查统计, 共有生物物种 2300 余种, 分布在山区的有 1524 种, 平原湿地有 400 余种, 海洋生物约有 380 余种。在山地生态系统中有高等植物 808 种, 哺乳类 40 种, 鸟类 190 种, 两栖爬行类 25 种, 昆虫 420 多种, 它们大部分分布在落叶阔叶蒙古栎林和落叶阔叶杂木林中。但是, 近代天津市物种多样性丰富度急剧下降。本文讨论了近代天津物种多样性的丧失及其原因, 认为主要原因是由于天津湿地、河流的分割隔离与干旱化, 工农业基础工程隔离海岸带与海洋的联系, 环境污染和资源的过度开发利用所引起的。

**关键词** 天津 物种 物种多样性 丧失

## 1 天津生物多样性

天津市面积  $11917.72 \text{ km}^2$ , 人口约 1000 万。地域窄小, 人口稠密, 但物种多样性却占有十分显著的地位, 主要的特点是生态系统类型多, 物种丰富。例如, 在森林生态系统中, 有典型的华北暖温带落叶阔叶林和针叶林; 在灌木、草地生态系统中有山地灌草丛、灌丛及草地; 在湿地生态系统中有平原湖泊、水库、洼地、河流及沼泽、盐生沼泽; 在海岸带生态系统中有滩涂、河口及海滨盐生草甸; 在海洋生态系统中有海岛、海湾及近岸浅海; 在农业生态系统中有山地、旱地、水田及大城市城郊型农田。为了保护物种多样性和生物栖息地, 天津市建立了四个国家级自然保护区, 即①天津蓟县中、上元古界地质剖面国家级自然保护区; ②天津八仙山国家级森林自然保护区; ③天津古海岸与湿地国家级自然保护区; ④盘山国家重点风景名胜保护区。

天津的生物物种相对丰富, 物种调查统计为 2300 余种。其中分布在山区(面积  $912 \text{ km}^2$ )的有 1524 种, 占 66.3%; 分布在海域的有 380 余种, 占 16.5%; 分布在平原陆地及湿地水域的有 400 余种, 占 17%。山地生态系统的物种多样性尤为突出, 有高等植物 808 种、哺乳类 40 种、鸟类 190 种、两栖爬行类 25 种、昆虫 420 种(表 1)(张国兴, 唐廷贵, 1991)。其中有 30 余种乔木, 如蒙古栎(*Quercus mongolica*)、槲栎(*Quercus aliena*)、大叶朴(*Celtis koraensis*)、小叶朴(*Celtis bungeana*)、大果榆(*Ulmus macrocarpa*)、裂叶榆(*Ulmus laciniata*)、紫椴(*Tilia amurensis*)、糠椴(*Tilia mandshurica*)、白桦(*Betula platyphylla*)、坚桦(*Betula chinensis*)、大叶白蜡(*Fraxinus rhynchophylla*)、臭檀(*Euodia daniellii*)、沙梾(*Cornus bretschneideri*)、黄檗(*Phellodendron amurense*)、暴马丁香(*Syringa reticulata*)、水榆花楸(*Sorbus alnifolia*)、元宝槭(*Acer truncatum*)、苦木(*Picrasma quassoides*)、栾树(*Koelreuteria paniculata*)、无梗五加(*Acanthopanax sessiliflorus*)、刺楸(*Kalopanax septemlobus*)、核桃楸(*Juglans mandshurica*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、麻栎(*Quercus acutissima*)、鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii*)、刚毛忍冬(*Lonicera hispida*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)等为

山区森林群落的优势种,平均树高均在 15 m 左右、胸径 12~40 cm,多为萌生树干。林下的灌木,以东陵八仙花 (*Hydrangea bretschneideri*)、蓝荆子 (*Rhododendron mucronulatum*)、照山白 (*Rhododendron micranthum*)、太平花 (*Philadelphus pekinensis*)、锦带花 (*Weigela florida*)、胡枝子 (*Lespedeza* spp.)、鼠李 (*Rhamnus* spp.)、酸枣 (*Zizyphus jujuba* var. *spinosa*) 及各种绣线菊 (*Spiraea* spp.) 等构成各种森林群落的灌木层,其中软枣猕猴桃 (*Actinidia arguta*) 是常见的粗壮藤本植物。森林群落的草本层常以禾本科、菊科、莎草科、豆科、百合科等科的植物为优势种。在脊椎动物方面著名的有鲅鱼 (*Siniperca chuatsi*)、环颈雉 (*Phasianus colchicus*)、勺鸡 (*Pucrasia macrolopha*)、石鸡 (*Alectoris graeca*)、豹猫 (*Felis bengalensis*)、花面狸 (*Paguma larvata*)、飞鼠 (*Pteromys volans*)、貉 (*Nyctereutes procyonoides*)、獾 (*Meles meles*)、狍 (*Capreolus capreolus*)、中国林蛙 (*Rana temporaria chensinensis*)、金花鼠 (*Eutamias sibiricus*)、岩松鼠 (*Sciurotamias davidianus*)、斑翅山鹑 (*Perdix daurica*) 等;属国家一级保护动物的有豹 (*Panthera pardus*)、金雕 (*Aquila chrysaetos*)、大鸨 (*Otis tarda*);属国家二级保护动物的有花尾榛鸡 (*Tetrastes bonusia*)、雀鹰 (*Accipiter nisus*) 等 10 余种。此外,能供药用和食用的昆虫有 30 余种,如中华鳖 (*Trionyx sinensis*)、斑头蝉 (*Oncotympana maculaticollis*)、华北黑金龟子 (*Holotrichia oblita*)、薄翅螳螂 (*Mantis religiosa*)、斑蝥 (*Mylabris cichorii*) 等。

表 1 蓟县山区生物物种数量统计表

生物类群	目	科	属	种	(%)
被子植物	42	102	380	744	49.00
裸子植物	2	3	4	4	0.26
蕨类植物	5	16	18	33	2.18
苔藓植物	2	11	20	27	1.76
哺乳类	5	14	34	40	2.63
鸟类	16	44	119	190	12.53
鱼类	6	13	38	41	2.70
两栖类	1	3	3	7	0.46
爬行类	3	6	9	18	1.10
昆虫	14	92	343	420	27.24
总计	96	304	968	1524	100.00

海洋生物种类也非常丰富。计有海洋鱼类 50 种,约占黄渤海鱼类总数的 1/4,以黄鲫 (*Setipinna taty*)、斑鲫 (*Carassius auratus*)、小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*)、刀鲚 (*Coilia ectenes*)、银鲳 (*Pampus argenteus*)、梭鱼 (*Mugil soiuy*)、鲈鱼 (*Lateolabrax japonicus*) 等为优势种,产量较大。大型无脊椎动物有 14 种,以三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*)、对虾 (*Penaeus orientalis*) 等为地方特产。海洋底栖动物有 70 多种,以毛蚶 (*Arca subcrenata*)、扇贝 (*Chlamys farreri*) 为主。此外,天然水域中的淡水鱼类有 51 种,占中国江河平原鱼类的 69%;淡水底栖动物有 68 种。在内陆水域和海域中的浮游生物约 330 余种(天津市海岸带与海涂资源综合调查领导小组办公室,1987)。

## 2 天津物种多样性的丧失及其原因

近代,天津的生物多样性丰富度呈下降趋势,某些著名物种,如小站稻、银鱼 (*Neosalanx anderssoni*)、中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*)、毛蚶、四角蛤蜊 (*Mactra veneriformis*)、天鹅 (*Cygnus cygnus*)、大鸨、白鹳 (*Ciconia ciconia*)、益蛏 (*Sinonovacula consticsa*)、对虾等都已处于濒危状态,有的种类甚至已经在天津灭绝,如益蛏、梭子蟹等。在山区,采石场的发展已造成

对植被的大量破坏；乱砍滥伐树木，过度采挖中草药，捕杀野生动物等现象仍然存在。无论山地、平原、洼地或海洋生态系统均受到不同程度的破坏。由于工农业生产的挤占，环境污染，人为干扰性过大，以致物种迁入、迁出的频率大，死亡率高，产量下降，物种丧失，生物多样性的变化过程剧烈。根据《天津农业资源与综合区划 1984 年、1994 年》(杨春城, 1984, 1994) 及《天津海岸带及海涂资源综合调查 1987 年》(天津市海岸带与海涂资源综合调查领导小组办公室, 1987) 等调查报告，认为天津物种多样性丰富度下降，其原因有如下几方面：

## 2.1 天津湿地、河流的分割隔离与干旱化

天津湿地是一个自然生态系统，位于渤海湾西部淤泥质海岸上，包括大洼地及滩涂两大类型。天津属冲积—海积平原，海岸变迁和河流决口、切割等原因形成各种类型的低洼湿地和滩涂湿地，面积广阔，连片连网，星罗棋布。50 年代以前湿地面积大约占全市面积的 1/2，是生物种类优良的栖息地，生物种类繁多，许多珍贵、稀有和特有物种，如小站稻、天鹅、鸳鸯、对虾、蟹、贝及苇、蒲、芡、藕等数以百计的地方性优良物种长期栖息于此，繁衍后代。50 年代之后，天津湿地发生急剧的衰变，从前天津低洼湿地有 200 余个，50 年代后，缩减为 20 余个，80 年代之后，仅剩下面积  $1\text{ km}^2$  以上的湿地 12 个，总面积  $2737.92\text{ km}^2$ ，占市面积的 23%，并且多为季节性蓄水，或年际间积水，或人工供水（杨春城等, 1994），现有湿地人为干扰严重，渔业、农业及油田等常有挤占，使水禽、水鸟、鱼、虾、蟹、贝及某些蛇、蛙、兽类的栖息地遭到严重的破坏。天津是海河流域、永定河等九大河流末梢，但河水断流，河床干涸，干旱化的威胁日愈严重，以至许多水生动植物失去了栖息地而不能生存。

## 2.2 工农业基础工程隔离海岸带与海洋的联系

天津海岸带长  $153\text{ km}$ ，宽约  $10\text{ km}$ ，面积广阔，其中潮间带  $687.7\text{ km}^2$ ，盐生及盐沼植被面积  $202\text{ km}^2$ ，尚有许多沼泽湿地。此外海河等 9 个水系经天津市汇集于海岸带注入渤海。因此海岸带是生态系统多样性很强的地带，同时又是海陆邻接的过渡地带，是一个特殊的海岸带生态系统，其主要的功能为既是海陆物质循环的纽带，又是某些海洋生物、鸟类等的栖息地，生态系统的边缘效应十分显著。

但是由于工、农业基础工程的建设，隔离了海岸带与海洋的联系，切断了海陆之间的营养物质流动通道，形成贫养型海洋，使海洋生物的生长繁殖受阻，其他生物也因营养物质贫乏而数量锐减。例如，天津海岸带上的 5 座河口防潮闸，虽然能阻止潮水沿河流倒灌，但是却切断了海陆物质流动的通道，阻断了河流入海，甚至两大排污河，也无水入海。再加上诸河流上游层层筑坝拦截，以致入海水量由 50 年代的  $2727.9\text{亿 m}^3$  降至 80 年代的  $2.97\text{亿 m}^3$ ，几乎等于无水入海。河流失去了向海洋输送营养物质的功能，海洋生物无法获得营养而不能生长繁殖，同时使海水盐度上升，泥沙淤积，破坏了海洋生物的栖息地而失去了繁殖场所。由于河口建闸使一些溯河性生物物种，如银鱼 (*Neosalanx anderssoni*)、中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 等失去了产卵洄游的通路，导致某些鱼、蟹濒危，甚至灭绝。例如北塘中华绒螯蟹，1956 年收购量为  $258.44\text{t}$ ，1963 年下降到  $2.83\text{t}$ ，70 年代仅能收购  $2\sim8.5\text{kg}$ ，80 年代已无收购量（天津市海岸带与海涂资源综合调查领导小组办公室, 1987）。80 年代以来，随着水产养殖业的发展，海岸带上几乎布满了养虾池、养鱼塘，再加上大面积的晒盐池，使海岸带上的沼泽湿地、盐沼和盐生植被的自然生产力遭到严重的破坏，陆地有机营养物质也因其隔离而无法通过水流（雨水及潮水）输入海洋，一些底栖动物、软体动物也因此失去了栖息地。

其他工农业基础建设所占据海岸带的面积逐年扩大，如码头、工厂、油田、楼群等，天津的

滨海将不断向城市化方向发展,如开发区、保税区、滨海新区等已经形成城市雏形。海岸带自然生态系统将不可避免地受到工农业发展的挤占,物种多样性丰富度随之而下降。

### 2.3 环境污染

天津环境污染仍威胁着物种多样性的持续发展。例如,已经证实毛蚶、四角蛤蜊和金星蝶铰蛤(*Trigonothracia jinxingae*)等的大批死亡是南排污河河水所致。北塘河口海域几次鱼群死亡事件,大量梭鱼昏死,大量虾苗、死鱼随潮水漂流,以及黄港一带大批对虾死亡均属河口污水污染所致,河口富营养化引起的赤潮也时有发生。河流水质的下降使大量淡水鱼及其他水生动物、植物致濒,并且导致水禽水鸟种类及数量的大量流失。其他如城乡工农业污水排放、大气污染物的危害、重金属化学物质对土壤的污染也十分严重。例如污水灌溉及污水养殖仍在进行,农药、杀虫剂及化肥用量过大,土壤残毒积累等都威胁着物种多样性的持续利用。

### 2.4 资源过度开发利用

天津生物资源量贫乏,这是地理因素造成的。但人类的过度开发利用是造成物种多样性威胁的重要因素。以海洋生物为例,由于捕捞强度过大,盲目发展捕捞船只及网具,80年代以来,产量急剧下降,小黄鱼、小带鱼等已失去了自然繁殖的能力。由于过量捕捞产卵亲虾,导致自然对虾产量接近零点。由于在生殖、索饵、洄游期滥捕梭子蟹,目前已近于灭绝。毛蚶是天津市近海区主要经济物种,产量已由年产62.6万t减少到7.44万t。一些优良的物种,如益蛏等已经绝迹。乱捕鸟类活动十分严重,主要由于外贸创汇及走私经营,例如,白鹤(*Ciconia ciconia*)、大鸨、鸳鸯(*Aix galericulata*)、天鹅(*Cygnus cygnus*)等国家级保护鸟类现已为数稀少,甚至灭绝。

天津是生物物种相对集中的地方,中草药有300多种,但是,由于采挖过度,有名的地道药材已处于濒危状态。如石沙参(*Adenophora polyantha*)、知母(*Anemarrhena asphodeloides*)、黄芩(*Scutellaria baicalensis*)、丹参(*Salvia miltiorrhiza*)、桔梗(*Platycodon grandiflorus*)、北苍术(*Atractylodes lancea*)、北柴胡(*Bupleurum chinense*)、酸枣仁等。80年代以前,收购的中药材有70~80种,收购量在数万kg以上,50年代知母产量达30万kg,现在仅剩下千余公斤,已无收购量。丹参、桔梗等已由6~7万kg的产量下降到不足千斤,亦无收购量(张国兴唐廷贵,1991)。近年来由于新资源开发强度加大,一些药用植物作为野生蔬菜进入市场,如桔梗、酸枣、沙参、蕨菜等野生植物遭到更大的威胁,因而有的品种濒于灭绝。山区的毛皮兽如狍、獾、锦鸡等,也经常遭到捕杀。1992年极为偶见的一只金钱豹已未加保护而死亡。当代人为的活动对生物物种多样性的威胁愈来愈强烈。

## 3 结语

近2030年来,全球有四分之一的物种灭绝,物种多样性正在以前所未有的高速度丧失(马克平,1993),这种现象在天津地区也有明显体现。天津是世界性大城市之一,又是对外开放的重要口岸,人多地少,生物物种繁多,人与物种多样性的关系非常密切,有必要加以重视,加强研究,加大保护力度,挽救和保护地区的物种多样性。

## 参考文献

马克平. 1993. 试论生物多样性概念. 生物多样性. 1(1): 20~22

杨春城(主编). 1984. 天津市农业资源与综合区划. 天津: 天津市农业区划委员会

天津市海岸带与海涂资源综合领导小组办公室(主编). 1987. 天津海岸带和海涂资源综合调查报告. 北京: 海洋出版社

张国兴,唐廷贵(主编). 1991. 天津蓟县山区野生生物资源开发利用. 北京: 海洋出版社

## THE PRESENT SITUATION OF THE SPECIES DIVERSITY IN TIANJIN AND THE REASONS OF ITS LOSS

Dong Jie , Tang Tinggui

(Department of Biology, College of Life Science, Nankai University, Tianjin 300071)

Tianjin is a metropolitan city with a large population but a small area. Nevertheless, the species diversity is quite high. A great number of species of organisms have been recorded there. The ecosystem is also quite diversified, including various types. Reported in this paper is the species diversity of the mountain ecosystems, of the wetland ecosystems and of the marine ecosystems in Tianjin. A statistics shows that there occur over 2300 species of organisms , 1524 of which are distributed in the mountain area, over 400 in the plain wetlands, and over 380 in the sea. In the mountain ecosystems , 808 species of higher plants, 40 of mammals, 190 of birds, 25 of amphibians and reptiles, over 420 of insects, have been recorded. Most of them are distributed in the deciduous broad - leaved forests of *Quercus mongolicus* and the deciduous broad - leaved mixed forests. In the past decades, however, the species diversity in Tianjin was found to have sharply declined . The reasons of the loss of species diversity in Tianjin in recent years are analyzed . We consider that the main reasons lie in that the wetlands and rivers were divided into separate parts and thus became dry, and that the connection between the beaches and the sea was severed by industrial and agricultural infrastructure facilities, and that the environment was polluted and biological resources were over - exploited.

**Key words:** Tianjin, Species, Species diversity, Loss

# 福建省生物多样性现状及其保护

肖芳堃

(福建省三明市林业委员会,三明 365000)

**摘要** 概述生物多样性保护,分析国内外和福建地区生物多样性现状及面临的问题,以及福建生物多样性保护工程规划和采取的主要措施。

**关键词** 林业 生物多样性保护 工程规划

生物多样性是指地球上所有植物、动物和微生物及其所构成的综合体,包括生态系统、物种和基因三个层次的多样性。生物多样性是地球上生物经过几十亿年发展进化的结果,是人类赖以生存的物质基础。

生物多样性的研究和保护是人类生存环境保护、改善和持续利用生物资源的一个不可分割的重要方面,是未来工农业持续发展的基础。生物多样性已成为全人类的共识,对它的研究和保护已成为当今国内外普遍关注的热点。对于生物多样性产品在国民经济收入中占有优势的福建来说,更显得重要。

## 1 福建生物多样性特点

福建自然地理特点是面海靠山,山海构成了福建的主体。气候带跨中、南亚热带,自然景观多样,森林茂密,水系发达,海域辽阔,生物资源十分丰富,是我国南方重点林区和野生动物重点产区,生物多样性仅次于云南、广西居全国第三位。森林和湿地是构成福建生物多样性最重要载体。

福建是我国生物多样性最丰富的地区之一,各种动植物种数均接近全国动植物种数的1/3。其中陆生脊椎动物达812种(哺乳类110种,占全国哺乳类种数的18.9%;鸟类543种,占全国鸟类种数的45.1%;两栖类44种占全国两栖类种数的21.0%;爬行类115种,占全国爬行类动物种数的35.9%),约占全国陆生脊椎动物种数的28.6%;淡水鱼类169种,海洋鱼类745种。福建无脊椎动物除昆虫外,其他类群较少研究,种数知之甚少。全国昆虫约1520万种,其中已被订名32目尚不及4万种,福建已订名的5000多种,隶属31目。

福建野生动物如崇安蟾蜍、小山蛙、载云湍蛙、崇安磷蛇、崇安地蜥、白背啄木鸟、黄冠绿啄木鸟、橙背鸦雀、挂墩鸦雀、赤尾噪鹛、淡绿鹛、白斑尾柳莺、绿头翁等种类,仅福建分布,是我国特有种类。

福建高等维管束植物4703种(其中蕨类382种,裸子植物70种,被子植物4251种),约占全国的18%,木本植物1943种,竹类120多种。以淀粉、糖类、油料、纤维、芳香油类、鞣料、化工、中草药、花卉等经济利用价值较高的野生植物1560种。在区系成份上,以特有种类属子遗植物丰富为特色。如格氏栲、长苞铁杉、长叶榧等。另外,还有含笑、白桂木、柳杉、南方红豆杉、银杏等名木古树。

## 2 福建生物多样性要面临的问题

由于历史上的种种原因,福建省生物多样性丧失的程度相当严重,主要体现在以下两个方

面：

一是福建省地带性森林植被—亚热带天然常绿阔叶林分布面积在不断缩小，特别是地处闽东南亚热带雨林已到岌岌可危的地步。据1993年福建省森林资源第三次连续清查资料表明，福建全省现有的阔叶林分布面积为146.17万公顷，占林分面积的31.3%。这意味着我省以单一树种为主的人工林面积比重相当大，已占全省森林的主导地位。福建省现存的天然阔叶林属原生状态的仅分布于现有的武夷山、梅花山等自然保护区、小区，除此之外，大部分属于天然次生林。而另一严峻的事实是，近年来全省各地大兴主要以阔叶林为原料的香菇、木耳、白炭等生产项目，进一步加剧福建省阔叶林大面积的丧失。

二是天然湿地面积也不断缩小，特别是沿海的滩涂、河口地区，已被大面积开垦为水产养殖区、耕地及工业开发区(园)等。天然湿地现存面积仅为原有的1/3，且面临日益严重的工业污染问题。致使沿海红树林遭受严重破坏，地方政府不得不耗费巨额资金修堤筑坝，抵挡海潮和台风的袭击。而赖于湿地生存的一些重要的水禽资源日趋贫乏，水产品受污染严重。

福建省濒危物种，现属于国家重点保护的野生动物有147种，其中一级24种，二级123种，占国家重点保护种类的38%。省重点和省一般保护的陆生野生动物分别为79种和501种，省重点保护水生野生动物11种。以上属国家和省需保护的种类，合计为738种，约占全省脊椎动物种类1612种的45%。特别是华南虎、朱鹮、水鹿、梅花鹿、金雕等一批名贵野生动物岌岌可危。据1990~1992年调查，华南虎现存数量不足10只，濒临灭绝。朱鹮、水鹿、梅花鹿、金雕等自60年代初采集到标本后，已近30年未见踪迹。经济动物水獭、豹猫等皮张已形不成生产规模。地方志记载，清同治年间，闽南的漳州至诏安一带尚分布亚洲象，但由于南亚热带天然植被在100多年中不断遭受严重破坏，生态环境恶化，野生亚洲象在福建灭绝。珍稀植物属国家重点保护的有46种，其中属国家一级保护的有1种，二级保护的有15种、三级保护的有30种。另外，属省级保护的还有16种，均属国家三级保护。近年来遭受破坏最严重的一些名木古树，如红豆杉、柳杉等。

### 3 生物多样性保护与自然保护区建设

福建省生物多样性保护开展比较早，50年代建立了格氏栲、万木林两处自然保护区。80年代又规划建设15处森林、湿地和野生动物类型自然保护区，其中国家级2处，省级13处，面积10万公顷，占全省土地面积的0.87%。1992年全省规划496个保护区、小区和保护点，面积13.8万公顷。1995年又对优先保护的生态系统和物种重新规划，确定了近、中期建设自然保护区45处，自然保护小区(点)4366处。受到保护的名木古树11683株，面积57.9万公顷，至此，现有与规划的自然保护区(小区、点)占全省总面积的5.7%，接近全国平均水平。实施生物多样性保护工程规划总投资为11969万元。全省有十多个县(市、区)已获省、地政府批准实施。

### 4 生物多样性保护主要措施

4.1 建立健全野生动植物保护管理机构，林业行政主管部门代表政府实施对野生动植物的保护管理。尽快建立市、县、乡各级管理机构，负责本辖区内的行政管理。

4.2 建立健全自然保护区(小区、点)的管理和监督体系。林业行政主管部门牵头组织的以森林、野生动物和湿地等生物多样性保护类型的自然保护区(小区、点)的规划，报县级以上人民政府批准，实施建设管理，形成国家、省级和县级等建设管理体系和监督体系。

4.3 加强政府有关部门工作的协调。根据部门职能分工，不同的生物资源属于不同部门

管理,各生态系统由多种资源组成,实际管理上由各部门交叉管理,这就要求各部门采取协调一致的行动,共同管理。

4.4 加强法制建设,健全法律、法规、政策。认真贯彻执行《森林法》、《野生动物保护法》、《森林和野生动物类型自然保护区管理办法》等有关法律法规,研究制定生物多样性保护法规,配套制定生物多样性保护工程规划,并加大执法力度和执法监督。

4.5 推进传统林业向现代林业转变,逐步将林业区分为公益林业和商品林业,实行分类经营,将生态脆弱和生态意义重大的森林,以及现有已规划的自然保护区(小区、点)、森林公园等确定为公益林,发挥生态和社会效益,按照公益事业建设管理,由各级财政投资,并大力发动社会力量共同建设。在管理手段上,以法律和行政手段为主,以经济手段为辅,追求最大的生态、社会效益。

4.6 将生物多样性保护工程纳入国民经济“九五”计划和2010年社会发展规划,其基础设施建设,专项科研基金等费用纳入财政预算,以保证工作的正常开展。采取优惠政策,通过投放贴息贷款资金、生产扶持资金,减免税费等途径,为保护区的发展创造良好条件。

4.7 加强生态环境意识,开展生物多样性保护的宣传,科学引导,大力开展宣传教育活动,牢固树立全民保护意识。以“植树节”、“爱鸟周”、“保护野生动物宣传月”等活动,通过科教、学术交流、科普、培训、展览、咨询等形式大力宣传保护生物多样性的意义,提高全社会对生物多样性的保护意识。

4.8 重视开展生物多样性的保护和合理利用研究,加强同国际保护组织的合作与交流。开展资源家底调查,濒危物种的动态监测、驯养繁殖和培育技术的研究和成果应用推广工作的试验、示范。建立生物资源管理信息库,动态监测网络和信息系统,环境(自然条件)影响评价等。

#### 参 考 文 献

- 福建省林业厅. 1996. 福建省生物多样性保护工程规划. 全省林业局长(林委主任)会议文件之十. 5,7,33  
王应祥. 1993. 云南动物多样性的现状与危机. 云南生物多样性学术讨论会论文集. 昆明: 云南科技出版社, 101 - 104

## PRESENT SITUATION AND CONSERVATION OF BIODIVERSITY IN FUJIAN PROVINCE

Xiao Fangye

(Sanming Forestry Committee of Fujian Province, Sanming 365000)

In this paper, the conservation of biodiversity at home and abroad is briefly reviewed, and the present situation and the problems in the conservation of biodiversity in Fujian Province were analyzed, and some measures are proposed.

**Key Words:** Forestry, Biological diversity protection, Project planning

# 陕西米仓山南坡植物优势种群特征及多样性分析

刘静艳<sup>1</sup> 黄英姿<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中山大学生命科学院, 广州 510275)

(<sup>2</sup> 中山大学昆虫研究所, 广东商学院数学部, 广州 510320)

**摘要** 在有关陕西米仓山南坡森林植被性质及分类等已有研究的基础上, 本文着重就优势种群特征及群落的多样性进行分析。研究表明, 各样地的多样性指数与样地中落叶树种所占的比例成显著的负相关关系。常绿种群在该群落中处于显著的优势地位, 具有比较稳定的发展趋势, 而落叶种群为衰老型种群; 常绿优势种群包石栎具有最强的竞争能力, 如排除人为干扰, 将可能发展成为本区森林植被的生态优势种群; 种群分布格局服从集群式分布。

**关键词** 大巴山 米仓山南坡 多样性指数 优势种群特征 年龄结构 分布格局

## 1 引言

大巴山是一条重要的地理分界线。据中国植被区划, 大巴山区属于亚热带常绿阔叶林区域, 东部常绿阔叶林亚区域, 其中陕西境内北亚热带常绿落叶阔叶混交林地带的南界就是以大巴山脉分水岭确定的。陕西米仓山位于大巴山西段, 调查区位于米仓山南坡, 地理坐标为  $32^{\circ}30' \sim 32^{\circ}55'N, 107^{\circ}05' \sim 107^{\circ}20'E$ , 行政区划属于陕西安康市南郑县碑坝区, 地处北亚热带常绿落叶阔叶混交林向亚热带常绿阔叶林的过渡地带。研究这种特殊地理区域的植被性质及特征, 有着重要的理论意义及实际价值。在该区植被性质及分类等已有研究的基础上(方正和刘静艳, 1991a, b; 刘静艳, 1989, 1990), 进一步对该地带植被优势种群特征及多样性进行探讨。

## 2 调查区自然概况和研究方法

碑坝区位于南郑县东南部, 米仓山主脊南侧, 东与陕西省西乡县接壤, 西、南分别与四川省南江县、通江县毗邻。海拔  $1000 \sim 2000\text{ m}$ , 相对高差约  $1900\text{ m}$ , 属典型深切割中山地貌类型, 地势北高南低。区内河流属嘉陵江水系, 基岩主要为石灰岩, 其次为页岩和砂岩。土壤为山地黄棕壤, pH 值  $5.5 \sim 7.0$ 。气候温和湿润, 年平均气温  $10.7^{\circ}\text{C}$ , 1月均温  $0^{\circ}\text{C}$ , 7月均温  $21.3^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $3389.99^{\circ}\text{C}$ , 持续期  $198\text{ d}$ ; 无霜期  $180 \sim 220\text{ d}$ ; 年平均降雨量  $1378.6\text{ mm}$ 。

在较大范围路线调查的基础上, 进行重点的样地调查。共设置 16 个样地(分别记为 Q1 ~ Q16), 面积总计  $5050\text{ m}^2$ 。在样地内进行每木调查, 测定胸径、高度及冠幅等数量指标; 同时, 分别设置  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$  和  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  的小样方, 测定灌木和草本植物的多度、高度及盖度。

## 3 结果与分析

### 3.1 多样性分析

多样性是群落生态组织水平的独特的可测定的生物学特征(Cox, 1979), 是反映群落结构和功能的重要指标, 因此, 探讨影响群落多样性的因素对认识群落的结构和功能有重要意义。

在调查区 16 个样地中, 统计有乔木 1209 株, 隶属于 58 种, 个体在种间分布的平均值为 21, 标准差为 42, 个体的种间分布具有明显的不均匀性。个体数量占绝对优势的是常绿种群。

58个种中,有29个种只在一个样地中出现,个体数量为71,占总株数的5.8%;而在7个以上样地出现的种虽只有9个,但个体数量为844,占总株数的70%。显然群落中优势种明显。

用Simpson指数作为群落多样性的度量指标(Simpson,1949)。

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

其中s是样地中乔木层种群个数,N<sub>i</sub>表示该样地乔木层第i个种群的个体数,N为该样地乔木层总个体数。

根据16个样地资料计算出的多样性指数见表1。

表1 各样地多样性指数

样地(面积m <sup>2</sup> )	多样性指数	样地	多样性指数
Q1(200)	0.746	Q9(450)	0.712
Q2(100)	0.884	Q10(500)	0.738
Q3(400)	0.887	Q11(400)	0.598
Q4(400)	0.900	Q12(300)	0.838
Q5(300)	0.638	Q13(200)	0.836
Q6(200)	0.813	Q14(400)	0.808
Q7(300)	0.761	Q15(100)	0.351
Q8(300)	0.765	Q16(300)	0.747

据样地资料,在多样性指数较低的几个样地群落中,落叶种类相对较多,常绿种类虽相对较少,但个体数量却占有绝对优势。如样地Q15中,有7种共81株,而其中仅2个常绿种的个体数就达71。在多样性指数较高的几个样地群落中,常绿种类相对较多,且个体的数量分布也较为均匀,而落叶种类相对较少。为此,就样地群落的多样性指数与该样地中落叶种类的比例进行相关分析。结果表明,二者呈现显著的负相关关系,相关系数r=-0.63\*\*,此外,二者还具有极显著的线性相关关系:y=1.18~0.84\*\*x。这进一步表明各样地中落叶树种的相对数量是影响群落多样性的重要因素。另据样地资料,上述多样性指数较高(大于0.85)的群落主要分布在坡向SW80°~SW85°,这与该生境条件下群落的种类组成比较丰富,尤其是常绿树种较为发育有关。

### 3.2 优势种群特征分析

生态优势种群特征的时空变化规律往往决定着植物群落的特征,并控制着群落的演替。特别是本区地处过渡带,常绿优势种群比较简单,且群落中含有一定数量的落叶成分,因此,探讨常绿种群与落叶种群之间以及常绿种群之间的竞争关系是很有意义的。

本文以包石栎S1(*Lithocarpus cleistocarpus*)、水青冈S2(*Fagus engleriana*)、猫儿刺S3(*Ilex pernyi*)、短柱柃S4(*Eurya brevistyla*)、粉白杜鹃S5(*Rhododendron hypoglaucum*)、锐齿栎S6(*Quercus aliena*)、南方六道木S7(*Abelia dielsii*)、青冈S8(*Cyclobalanopsis glauca*)、四照花S9(*Dendrobenthamia japonica* var. *chinensis*)及曼青冈S10(*Cyclobalanopsis oxydon*)10个优势种作为分析研究对象。

#### 3.2.1 种群的地位和等级度

从图1可见,包石栎、青冈、曼青冈在同一样地或不同样地中的相对多度(OA)、相对频度(OB)、以及相对显著度(OD)均占优势,其中包石栎尤为突出。样地Q14中,刺叶栎的OA、OD也较大,但OB相对较小,这与其分布海拔较高有关,但不失为群落的优势种。落叶树种红桦、锐齿栎较常绿树种处明显劣势,为群落的伴生种类。

就等级度而言,常绿种群多具34级立木,其中曼青冈五级俱全,说明种群具有较高的稳定性。而落叶种群多为45级大树,更新不良,只是处于暂时稳定的状态。当然,等级度只能在一定程度上反映出种群的发展方向,还不足以说明群落的演替趋势。

据林木结构图解(曲仲湘,1984),作出各代表样地中主要种群的林木结构图。

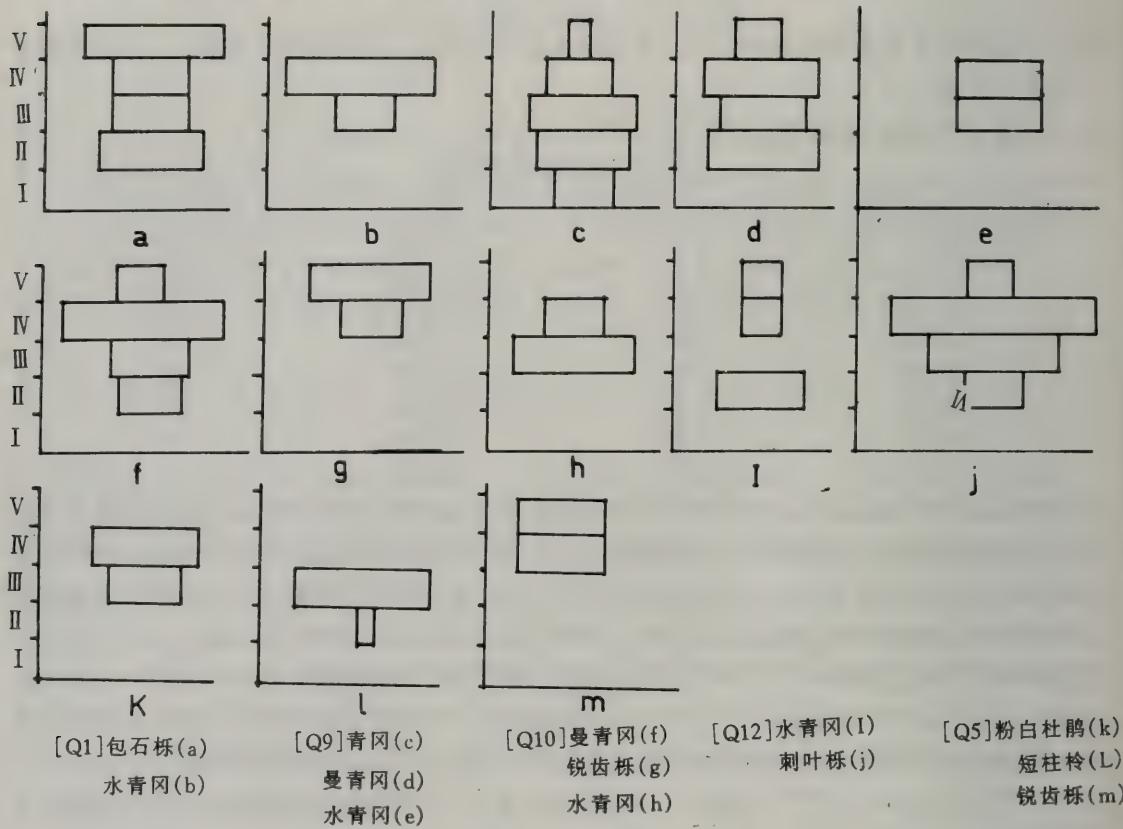


图1 各代表样地中主要种群的林木结构图解

### 3.2.2 种群的年龄结构

从图2中可见,优势种群(图中a、c、d、f、j)均含有Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ4级立木,其中青冈五级俱全,显然为成熟稳定种群;而主要落叶种群(b、e、h、i、g)则多含Ⅲ、Ⅳ或Ⅳ、Ⅴ级立木,故为中衰种群和老衰种群。这与生境条件郁闭,落叶种群天然更新不良有关。再就种群数量而言,远较常绿种群为小,因此,从自然演替趋势来看,落叶种群没有发展扩大的可能,更没有取代常绿种群优势地位的可能。

值得说明的是样地Q5比较特殊,其常绿优势种群——粉白杜鹃、短柱柃以及落叶种群锐齿栎都表现为衰老种群,然而程度有别,后者为老衰种群,前者为中衰种群,而短柱柃仅有初衰迹象。据此可初步推测,该群落总的演替趋势是以衰退为主,但至少在目前乃至相当长时间内,还将继续存在,并保持常绿外貌。

据林英(1983)立木分级标准,做出各优势种群的年龄结构图。

### 3.2.3 常绿种群之间的竞争

根据生态位重叠的计量常被用作竞争方程中a的估计(May著,孙儒泳等译,1982),在此主要就包石栎、青冈、曼青冈3个常绿优势种群的相对优势度作为生态位重叠的计量,据公式

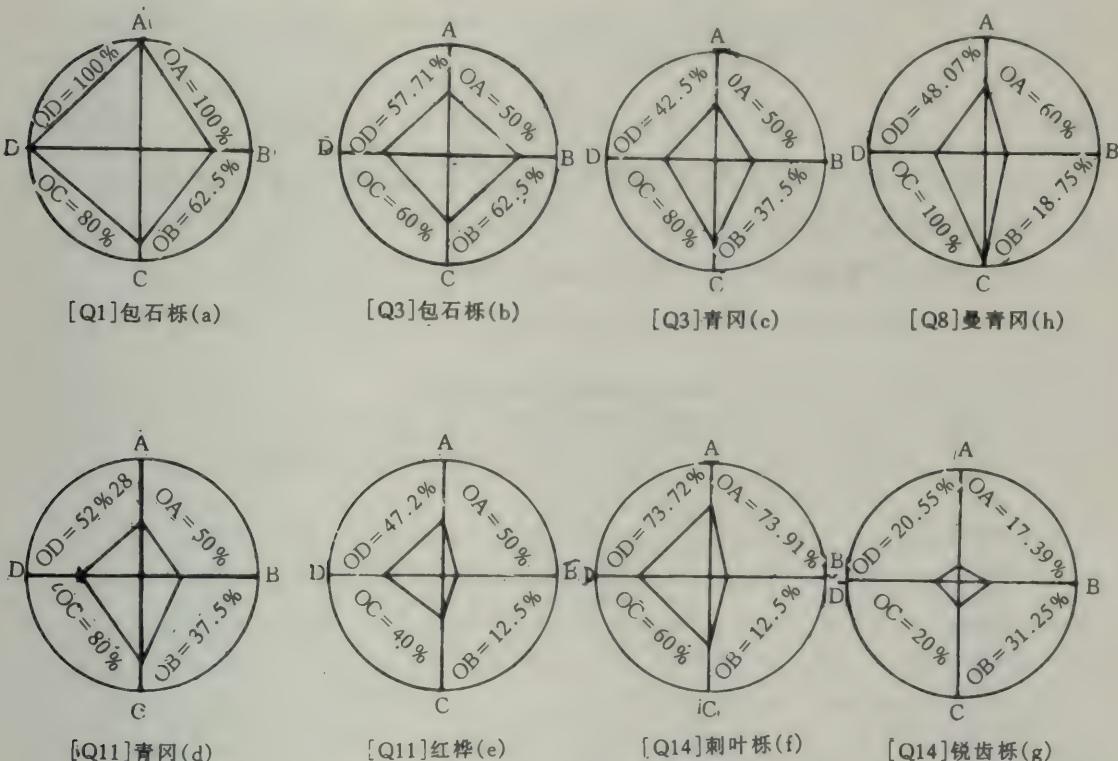


图 2 主要常绿种群和落叶种群的年龄结构图

(May, 1975; Hurlbert, 1978):

$$\alpha_{ij} = \sum_1^n (p_{in} P_{jn}) / \sum_1^n P_{in}^2$$

求得竞争系数;其中  $P_{in}$  和  $P_{jn}$  分别为种  $i$  和种  $j$  在  $n$  个样地中的相对优势度。并以发育最好的包石栎、青冈和曼青冈群落中的基面积 ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ ) 分别作为它们各自的容纳量,代入 Lotka-Volterra 竞争方程 (May 著,孙儒泳等译,1982):

$$\frac{dN_i}{dt} = r_i N_i \left( \frac{K_i - N_i - \sum_{j \neq i}^n \alpha_{ij} N_j}{K_i} \right)$$

其中  $n$  为种数;  $K_i$  为种  $i$  的容纳量;  $r_i$  为种的内禀增长力;  $n_i$  为种  $i$  的优势度;  $\alpha_{ij}$  为种  $j$  的一个个体对种  $i$  的抑制影响。由此预测出在平衡状态下,上述三个优势种的相对优势度分别是 74.72, 24.58, 1.15。可见,在排除人为干扰的情况下,该区森林植被将发展为以包石栎为主,另有少部分曼青冈林的类型,而与这两个优势种群伴生的青冈种群将始终处于伴生种群的地位。

### 3.2.4 种群的分布格局

本文用方差/均方比率的方法 (Chapman 著,杨含熙等译,1981; 余世孝,1994; Acevedo, 1996), 对 8 个常见优势种群通过检验观测值与 Poisson 分布的偏离情况来判断其分布格局。方差及  $t$ -检验结果见表 2。

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n - 1}$$

其中,  $x_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}$ ,  $x_{ij}$  为第  $X_i$  种在第  $j$  个样地中的相对多度,  $n$  为样地总数; 一般来说, 若  $S_i^2/X_i > 1$ , 则该种群趋于集群分布; 否则, 种群呈规则分布。由表(2)可知, 对各种群而言, 均有  $S_i^2/X_i > 1$ , 故种群分布趋于集群式分布。

用  $t$ -检验其是否偏离 Poisson 分布 (丁士晟, 1981),

$$t_i = \frac{S_i^2/X_i - 1}{\sqrt{2}/n - 1}$$

表 2 方差及  $t$ -检验计算结果

种名	$X_i$	$S_i^2$	$t_i$
包石栎	4.74	214.35	183.22
青冈	16.21	382.32	239.56
水青冈	7.11	49.57	63.34
短柱柃	9.44	218.46	234.85
粉白杜鹃	9.69	426.50	456.24
曼青冈	6.38	241.07	390.17
刺叶栎	4.78	159.91	344.23
锐齿栎	2.48	7.37	20.91

结果表明: 当  $df = 16 - 1 = 15$ ,  $t_{0.05}(15) = 2.131$ ;  $t_{0.01}(15) = 2.947$ , 因为  $t_i > t_{0.05}(15)$ ,  $t_i > t_{0.01}(15)$ , 显然, 种群分布服从集群式分布。

#### 4 结论

4.1 各样地多样性指数与该样地中落叶种类的数量呈负相关, 且二者有极显著的线性关系。

4.2 就演替趋势而言, 常绿优势种群具有比较稳定的发展趋势, 落叶种群则表现为衰退型种群。

4.3 在常绿种群中, 包石栎具有最强的竞争能力, 为该地植物群落的优势种群。

4.4 就种群分布格局而言, 常绿优势种群和伴生的落叶种群均服从集群式分布。

#### 参 考 文 献

- 丁士晟. 1981. 多元分析方法及其应用. 长春: 吉林人民出版社  
 方正, 刘静艳. 1991a. 陕南碑坝常绿阔叶林生态优势度研究. 陕西师范大学报. 18 (3): 70-73  
 方正, 刘静艳. 1991b. 大巴山区巴山松林的初步研究. 植物生态学与地植物学学报. 15 (3): 264-273  
 黄全, 李意德. 1988. 海南岛尖峰岭热带山地雨林采伐迹地更新群落的初步分析. 植物生态学与地植物学学报. 12 (1): 12-21  
 刘静艳. 1989. Fuzzy 聚类分析在植物群落分类中的应用. 陕西师范大学报. 17 (3): 57-62  
 刘静艳. 1990. 陕南碑坝常绿阔叶林的排序. 陕西师范大学报. 19 (3): 64-68  
 曲仲湘 (主编). 1984. 植物生态学. (第二版). 北京: 高等教育出版社, 200-201  
 余世孝 (编著). 1994. 数学生态学导论. 广州: 科学技术文献出版社, 71-78  
 Cox, G. W. 1972. 蒋有绪译. 1979. 普通生态学实验手册. 北京: 科学出版社  
 Chapman, S. B. 1976. 阳含熙等译. 1980. 植物生态学的方法. 北京: 科学出版社  
 May, R. M. 1976. 孙儒泳等译. 1982. 理论生态学. 北京: 科学出版社, 116-143

- Acevedo MF. 1996. Models of forest dynamics based on roles of tree species. *Ecological Modelling*. 87(1-3): 267-284  
Hurlbert, S. H. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 59(1): 67-77  
May, R. M. 1975. Some notes on estimating the competition matrix. *Ecology*. 56(3): 737-741  
Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*. 163:688

## AN ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE DOMINANT POPULATIONS AND THE COMMUNITY DIVERSITY ON THE SOUTHERN SLOPE OF THE MICANSHAN MOUNTAIN, SHANXI

Liu Jingyan<sup>1</sup>, Huang Yingzi<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>School of Biological Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

(<sup>2</sup>Department of Mathematics, Guangdong Commercial College, Guangzhou 510320)

In this paper, the characteristics of the dominant populations and the community diversity on the southern slope of the Micanshan Mountain, Shanxi Province, were analyzed. The results show that the diversity index of each quadrat had a significant negative relation to the percentage of the deciduous trees, and that populations of evergreen trees played a more important role in the forest and showed a more stable development tendency than the populations of deciduous trees, which showed a declining development tendency. In the absence of the man-made large-scale disturbance, populations of *Lithocarpus cleistocarpus* were found to have the strongest competitive ability and would probably become the dominant populations of the forest vegetation in this area. The spatial distribution of the main populations in this area appeared to be of the aggregated pattern.

**Key words:** Dominant population, Characteristics, Diversity, Age structure, Micanshan Mountain

## 板栗与真菌共生体的多样性及协同进化

秦 岭<sup>1</sup> 王有智<sup>2</sup> 徐 践<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 北京农学院园艺系,北京 102206)

(<sup>2</sup> 中国科学院微生物所,北京 100080)

**摘要** 本文论述了板栗与真菌共生多样性,板栗与共生真菌的相互协同作用及其协同进化机制。板栗在不同的年龄时期、不同生态系统、不同物候期与共生真菌形成多样的共生组合和不同程度的共生关系。在其形成共生结构的同时,各自互为环境因子,互相适应,在系统发育的长期协同进化过程中,形成了协调的共生关系。互相适应和互为依赖的协同作用,限制了板栗或真菌的单独进化,表现为协同进化。在协同进化过程中,优势的共生组合得到了加强和稳固。这种优势共生体系主动适应变化的环境,称协同进化。

**关键词** 板栗 共生真菌 生物多样性 协同进化

板栗(*Castanea mollissima* BL.)的根系与真菌存在广泛的共生现象,形成外生菌根。板栗和外生菌根真菌都有着丰富的遗传多样性和生态系统多样性。在恶劣的自然条件下,板栗仍能够正常地生长发育,这与共生真菌是有密切关系的。正如大多数外生菌根真菌的专化性不强一样(Harley 和 Smith,1983),板栗对共生真菌的选择也不强,它们互相共生,形成多样性的菌根。在研究植物与真菌共生现象中,以往普遍关注双方在生理功能上的互利作用(Martin 和 Botton,1993),而对于植物与共生真菌形成多样性组合的潜力、植物与共生真菌组合的演替过程及协同进化方面未引起注意,致使在植物与共生真菌相互识别、植物与真菌优势组合的形成等方面缺乏应有的理论基础。本文试图通过研究板栗与外生菌根真菌共生的多样性,探讨共生真菌在板栗生长周期和生命周期中的演替过程、优势共生组合的形成,为板栗与真菌共生多样性及板栗丰产稳产的研究和利用提供理论依据。同时可进一步探讨植物与共生真菌的协同进化机制。

### 1 板栗与真菌共生的多样性组合

在天然林和栽培园中,板栗作为非专一性寄主能与多种真菌形成菌根共生体。由于寄主对共生真菌的要求不严格,能与板栗形成外生菌根的真菌具有较丰富的物种多样性和遗传多样性。经初步统计,共生真菌种类有13属20余种(秦岭等,1994)。由于共生真菌种类和菌株的不同、寄主年龄、寄主生长的生态条件等生物和非生物因素的差异,使得板栗与其共生真菌组成了多样的板栗——真菌共生体。表现在不同共生组合共生的强弱程度不同。须腹菌(*Rhizopogen* sp.)和网纹灰孢(*Lycoperdon perlatum*)能广泛地与板栗形成良好的共生关系,尤其是须腹菌在板栗的年生长期内均能较长期地与板栗共生。环柄菇(*Lepiota lecothites*)与板栗共生关系一般,而地星(*Gastrum* sp.)等真菌虽然分布广泛于栗林,与板栗形成的共生体的生态专化性不强。板栗菌根多样性的差异主要表现在菌根形态、着生状况、菌根颜色等多方面。板栗菌根多为二分叉、塔状和羽状等,彩色豆马勃(*Pisolithus tinctorius* Pt)与板栗形成的菌根为典型的二分叉结构,须腹菌与板栗形成的菌根形态以二分叉和塔状结构为主。共生组

合不同菌根着生状况有差异,有些根系上着生一种菌根,而有些根系上着生两种以上的菌根。菌根颜色主要取决于真菌种类,与真菌的菌丝颜色相一致。马勃类、须腹菌、环柄菇、红菇属(*Russula*)等真菌形成的菌根多为无色到白色,而美味牛肝菌(*Boletus edulis*)等牛肝菌属形成的菌根为淡黄色、黄色、黄棕色等。

## 2 板栗与真菌共生体的互相协同作用

菌根是根与真菌组成的复合器官。它们存在于土壤与根或菌根的界面处,形成“菌丝桥”(花晓梅,1995)。这种菌丝桥的存在能改变土壤的通透性,并通过吸收、释放、形态变化及pH值变化,改变根际内化合物的有效性。

板栗光合作用产生的碳水化合物被板栗和共生真菌两者利用。真菌菌丝的存在扩大了板栗根系的吸收面积。由于菌根真菌分泌物的作用,使土壤中难溶的养分尤其是难溶磷溶解,真菌从土壤中吸收的养分传送给寄主。可以说共生体双方彼此分享它们吸收和合成的养分。由于寄主的存在,共生菌才有了生存的基础。同样,共生真菌的存在增强了板栗的耐瘠能力,促进板栗的生长。例如,板栗用种子育苗时接种彩色豆马勃(Pt)菌剂,其一年生板栗苗比对照苗高1.5倍,干重增加4.4倍,具有菌根的板栗幼苗移栽成活率明显提高。接种Pt降低了板栗苗期的立枯病,发病率由27%下降到2%,提高了苗木的抗病性。

板栗与真菌在长期的系统发育和协同发展过程中,寄主与共生真菌互惠联合,形成了机能依赖集团,这种协同作用集中表现在双方的互相依赖、互相促进、互相发展。真菌依赖于寄主方能生存,而寄主依赖于真菌才能更好的生长发育。菌根侵染率高的板栗生长发育良好,板栗的健壮生长反过来促进菌根真菌的发育。菌根占整个根系的比重大,菌根发育好,在适合的温度湿度下,地上真菌子实体发生数量多。板栗菌根非专化性也说明了板栗对真菌的依赖性。在优势共生真菌如须腹菌等不存在时仍可与共生关系一般的真菌如松塔牛肝菌(*Strobilomyces floccopus*)、地星等形成共生组合。只有在菌根共生体存在下,二者才互为有利,共同发展。

## 3 板栗与真菌的协同进化

### 3.1 协同进化的形成

菌根真菌的生存必须依赖于寄主植物提供养分,生存的压力迫使其建立与寄主的共生关系;而板栗长期生长在贫瘠的山坡薄地,自然生长条件较为恶劣,自然生长的板栗因其根系营养吸收及供应不足,生长发育较缓慢,在生长的需要和压力下板栗通过各种形式提高自身对不良环境的抵抗和适应能力,即真菌和板栗双方为了生存和生长的需要通过改变生活形式主动适应环境。在根系发育方面,很自然地与同样也需要寄主的真菌形成共生关系。菌根的形成,一方面使真菌得到了碳水化合物等生存的基础物质,另一方面使板栗的根系吸收面积得到扩大。由于菌根的吸收能力比单纯的根系强,板栗从土壤中得到了更多的可溶性养分。板栗和真菌彼此互相依赖,互惠互利。在这样一个共生体形成的过程中,由于在形态结构和生理功能上的彼此依赖而发展成机能相互依赖的植物菌根集团。菌根形成后,在形态上,板栗的根系被菌套和菌索包被,菌丝生长在板栗根系细胞的间隙。原来根毛的吸收功能逐渐被菌根上密被的外延菌丝所替代。而真菌由于与板栗共生,得到了生活需要的养分,才能完成整个生活史。植物与真菌在共生状态下,互惠互利,长期依赖的条件下,限制了植物与其共生真菌各自的单独进化,进而发展为植物与菌根真菌互相依赖的协同进化。

### 3.2 协同进化的机制

由于环境和生存的压力,板栗和真菌通过改变原有的生活形式主动适应环境,进化的原因来自于环境和生物本身(曹家树,1996)。在板栗和真菌形成共生体进化的过程中,二者又互为环境因子,通过核酸 $\leftrightarrow$ 蛋白质 $\leftrightarrow$ 环境的适应机制,互相适应对方。能够互相适应对方则建立共生关系,适应性强则共生关系密切,菌根侵染率高。须腹菌等真菌能与板栗形成良好的共生关系,侵染率高达97.5% (秦岭等,1995),菌根发育程度高,形成明显的哈蒂网和锁状联合,菌根在根系上着生位置多,分布量大。而环柄菇、地星等真菌在板栗根上侵染率低,菌根占比例少,菌根发育不良,菌套和哈蒂网等结构发育不完全,说明这些真菌与板栗的适应程度较低。板栗同样也影响菌根的形成。在幼年板栗林中,菌根真菌以马勃、须腹菌为优势菌,而老龄板栗林中,形成菌根的真菌具有丰富的多样性。除幼林中的优势真菌外,红菇属和牛肝菌属等与板栗形成良好共生关系的菌根。此外,板栗和真菌又与环境因子互相作用,在不同的物候和不同的生境条件,形成有区别的共生组合。4月底至6月底,由于温度和湿度较低,与板栗形成菌根的共生真菌为网纹灰孢、大白菇(*Russula delica*)等,而在雨季形成菌根的主要是马勃、须腹菌、牛肝菌和红菇属真菌。海拔高低也影响共生组合的类型。低海拔、土壤湿度大、土壤通透性好的生境下形成的共生真菌种类和菌株类型丰富(秦岭等,1995)。所以,在板栗真菌共生体的形成和进化过程中,真菌和寄主互为环境,彼此适应对方,互相适应是形成共生体系并协同进化的前提。

由于真菌和板栗的互相作用及环境的影响,在板栗生命周期和不同生长期,板栗与多种真菌形成不同程度的共生关系。板栗和真菌的非专一性说明板栗和共生真菌对环境的主动适应性,对环境适应的结果是:自然条件下,板栗与真菌在形态上形成共生结构,在功能上互相影响,互为有利,形成板栗—真菌共生体。在植物与共生真菌之间的主动适应过程中,适合程度较差的组合得不到发展,萎缩或逐渐被优势组合替代。而互相适应程度高的共生组合得到了加强和稳固,发展成为优势的共生组合。优势的共生体系在板栗真菌共生体系中发挥作用,以优势的共生体系主动适应变化着的环境,互相依赖,协同进化。

### 参 考 文 献

- 曹家树. 1996. 论生物适应进化及其分子机制. 见朱军等(主编). 生命科学研究与应用. 杭州: 浙江大学出版社, 183-193  
 花晓梅. 1995. 菌根概论. 见花晓梅(主编). 林木菌根研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1-20  
 秦岭, 徐践, 马萱等. 1994. 板栗外生菌根真菌及其共生关系. 见张上隆等(主编). 园艺学进展. 458-460  
 秦岭, 徐践, 马萱等. 1995. 板栗共生菌根真菌种类及其发生规律的研究. 北京农学院学报. 10(1): 71-76  
 Harley J. L. and Smith S. F. 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. London: Acad. Press, 1-483  
 Martin F. and Botton B. 1993. Nitrogen metabolism of ectomycorrhizal fungi and ectomycorrhizas. In Tommerup PIC, Ingram D. S. and Williams P. H. (Eds). *Mycorrhiza: A Synthesis, Advances in Plant Pathol.* London: Academic Press, 8

## THE DIVERSITY AND COEVOLUTION IN CHESTNUT-SYMBIOTIC FUNGI

*Qin Ling<sup>1</sup>, Wang Youzhi<sup>2</sup>, Xu Jian<sup>1</sup>*

(<sup>1</sup>Department of Horticulture, Beijing Agricultural College, Beijing 102206)

(<sup>2</sup>Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Discussed in this paper are the Chestnut - ectomycorrhizal fungi's diversity, the interaction

and the coevolution between chestnut and its symbiotic fungi. Chestnut and its ectomycorrhizal fungi formed different associations and symbiotic relationships at different life - cycle stages, in different ecological systems and different periods within a year. In the past long evolutionary processes, the host and the fungi benifited each other and adapted themselves to each other quite well, and thus a symbiotic reationship was established between them.

This kind of relationship might have resulted in the coevolution between chestnt and its ectomycorrhizal fungi.

**Key words:** Chestnut, Symbiostus fungus, Biodiversity, Coevolution

## 恢复生态学与生物多样性保护

于长青<sup>1</sup> 冯祚建<sup>2</sup> 蒋志刚<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国林业科学研究院森林保护研究所, 北京 100091)

(<sup>2</sup> 中国科学院动物研究所, 北京 100080)

**摘要** 恢复生态学是继保护生物学在近几年内发展起来的一门崭新学科, 生态恢复为恢复生态学提供实践基础和理论验证, 从而两者形成“一枚硬币的两面”。利用自然生态系统的“自愈能力”, 通过撤除退化因素和人为干预, 使生态系统退化或丧失的生物多样性和动态功能得以恢复, 这既是生物多样性保护和持续发展的需要, 也是生物多样性保护的重要内容和措施。生物多样性则是生态恢复的基础和源泉, 生物多样性总体水平的提高又是生态恢复的主要目标。自然保护区可以为生态恢复提供模板作用, 就地保护应该包括生态恢复的内容。

**关键词** 恢复生态学 生态恢复 生物多样性 就地保护

随着人口的剧增和工业技术的迅猛发展, 人类对环境资源的需求日趋膨胀, 利用手段也日益深化和彻底, 从而导致人类赖以生存的生命维持系统 (life-support systems) 在深度和广度上的日益衰退。人类在为现代农业、工业化、城市化而沾沾自喜之余, 已越来越意识到自然环境与生物多样性的意义所在。继在人类文明史上导致全球重大变化的农业革命和工业革命后, 一场全新的以持续发展 (sustainable development) 为宗旨的全球环境革命 (global environmental revolution) 已经到来 (Naveh, 1994), 生物多样性的保护与持续利用是这场革命的主要内容。恢复生态学是继保护生物学后发展并得到日益关注的一门以实践为基础的崭新学科, 必将在生物多样性保护与持续利用中扮演愈来愈重要的角色。

### 1 恢复生态学的基本概念

从最初的含义讲, 生态恢复 (ecological restoration) 是指将退化或丧失的生态系统恢复成能够自我维持的自然生态系统。根据生态恢复协会 1994 年的最新定义, 生态恢复是指修复由于人类活动而遭损害的生态系统的多样性和动态功能。这种损害已导致生态系统不可能在近期内 (约 50 年左右) 回到其先前的状态并且可能会继续退化 (Jackson 等, 1995)。生态恢复不同于人工园艺技术, 主要是通过生态系统的自我恢复能力, 尽量少用人为干预, 而且干预要遵循生态规律, 使“干预”和“自我恢复”达到“共鸣”。

生态恢复的概念随着人们对自然认识的深入而发生变化, 按照传统的自然平衡 (balance of nature, 又名生态平衡) 观点, 生态系统是相对封闭和自我调节的, 形成与气候相对应的平衡, 在未受干扰时处于相对稳定状态即所谓顶极状态, 此时的多样性和稳定性最高, 如果人类影响不大可以通过自然演替而恢复平衡, 生态恢复就是恢复其自我修复能力。按照最新的自然流动 (nature-in-flux) 观点 (Botkin, 1990; Pickett 等, 1994), 生态系统是开放的、不断受外界影响的, 可以到达多种暂时的平衡状态或称压稳态 (alternative steady-state or metastable-state), 在制定恢复目标时可以有多种可能的生态状态供选择, 当人类活动改变了生态系统的

正常演替(流动)而且可能还要持续相当长一段时期(至少50年)时,就需要进行生态恢复(Jackson等,1995)。生态恢复意味着恢复其生物多样性包括其相互关系及理化环境,如物种多样性、食物网结构、物质循环及能量流动等。自然流动观点特别强调人是自然的一部分,生态恢复应包括自然与文化的持续关系的恢复。在传统的人类活动如放牧、轮烧、农业和林业等持续了几百年甚至几千年的地区,生态恢复即应包括传统文化和传统的土地利用方式的恢复,因为这类活动已不是一般意义上的干扰,而是生态系统内的相互作用。

作为生态学的分支学科和应用学科,恢复生态学根基于生态学的理论体系,并在生态恢复的实践应用中得到发展。恢复生态学与生态恢复正像一枚硬币的两面—理论与实践的结合(Clewel,1993):前者为后者提供科学基础,后者为前者提供实验证明,其实恢复生态学也正是在大量生态恢复实践的基础上于近几年产生和发展起来的。恢复生态学与保护生物学、进化生态学、种群生态学、群落生态学及种群遗传学等有着密切的联系(Aronson等,1993; Handel等,1994)。

## 2 恢复生态学的基本原理

人类对生物多样性的认识和理解可以从利用和保护两个角度得以体现,反映前者的有农、牧、林业等学科,后者则为保护生物学。恢复生态学的主要研究目标是恢复生态系统的保护与利用价值以达到生物多样性的持续性。作为一门新兴学科,恢复生态学正在产生和验证着自己的理论假说,特别是在生态系统的退化和重新演化等方面。恢复生态学有如下基本假说:

- (1) 生态系统的衰退(degradation)经历一个或几个临界值(阈)后,如果没有结构上的人为干预和管理,即成为不可逆的过程。
- (2) 经历的临界值越多,其生态系统的恢复就需要更长的时间和更多的能量投入。
- (3) 没有大量的干预,生态系统在植被变化或演替过程中将衰退到更高的临界值。
- (4) 随着生态系统的衰退, $\beta$ -多样性和生活型谱将降低, $\alpha$ -多样性可能会出现暂时性的升高。
- (5) 关键种的丧失比其他物种的丧失将更加加剧生态系统的退化,生态系统衰退到不可逆临界值时常伴随关键种的丧失。
- (6) 关键物种的再引入会促进其他本地种的再引入和建立,从而加速生态系统的恢复。
- (7) 随着生态系统的衰退,水和氮的利用效率及营养循环次数将降低。
- (8) 随着生态系统的退化,土壤生物多样性及与现存高等植物的相适相容性将降低。
- (9) 随着生态系统的进一步退化,生态系统的抵抗力增加但恢复力降低。
- (10) 原初生态系统(original predisturbance ecosystem)的结构和功能越复杂,恢复过程越慢。

图1为根据美国科学顾问委员会报告“水域生态系统的恢复:科学、技术和公众政策”(National Research Council,1992)绘制的恢复潜力模型,认为再移植生物的移植距离越远(即景观破坏程度越大),生态恢复越困难;恢复区域遭受破坏程度越大,生态恢复越困难。图中黑点越大表示生态恢复成功的潜力越大,越小表示潜力越小。图2为根据自然流动观点绘制的生态阈与生态恢复的关系示意图,原初生态系统(即受干扰而退化之前的生态系统,在此译为“原初”以区别于原始生态系统)在退化到生态阈值之前(图中用浅阴影表示)的恢复可能有一个或几个压稳态,此期的恢复都是在原初生态系统(图中用较深的阴影表示以示其模糊性)的框架内,一旦退化到阈值以下即成为生物荒漠化生态系统,只能通过人工改造成为其他生态

系统。

考虑到大规模的景观恢复必然要同时涉及到土地的生产意义和保护意义,Hobbs 等(1996)按所涉及的对象将生态恢复归为以下几种类型:

(1) 高度退化的、局部性的地区如矿区的生态恢复,这类恢复要在保存尚好的整个景观生态系统的基础上,要对生物存在基质如土壤等加以修复以恢复植被。

(2) 退化的生产性区域如农田、牧场及林场等生产力的恢复,这类恢复的目的是恢复生态系统的持续生产能力。如通过撤除退化因素(如过牧等)阻止农田或牧场土壤的侵蚀或盐碱化。

(3) 具有保护性意义又面临退化威胁的景观区域的恢复,其退化因子包括引入家畜、污染及破碎化等,可通过撤除退化因子等措施以恢复其保护价值。

(4) 在生境丧失和破碎化较为严重的自然或半自然的生产性景观区域恢复其生产和保护价值。从长远的观点来看,生物多样性的保护单靠保护区是不可能得到有效保障的,恢复退化的生产性景观区域的保护价值以达到保护与持续利用的目标具有非常重要的意义。

此外还有衰退种群特别是濒危种群的恢复,如在英国进行的蝶类种群的恢复(Pullin, 1996),在沙特阿拉伯进行的波斑鸨种群的恢复(Jaime 等,1996)等,这包括其栖息地的恢复和种群数量的恢复两方面内容。在上述几种类型中,恢复生态学的应用方式虽然有所不同,但其目标都是使退化的生态系统的生态价值、生产价值和美学价值等得到恢复,而且保障生态系统的持续性。

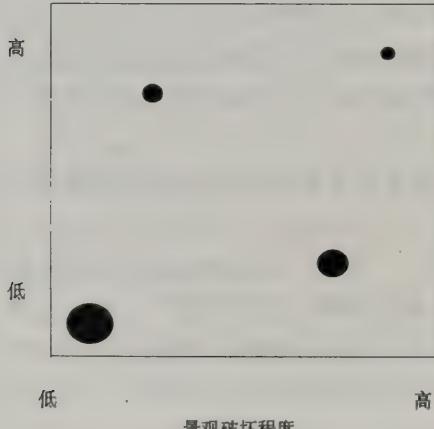
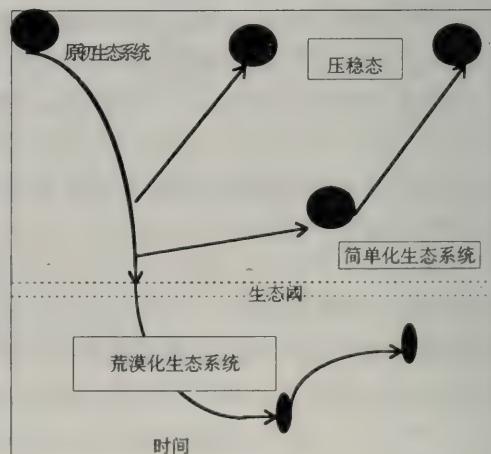


图 1 恢复潜力模型



生物多样性

图 2 生态系统退化、生态阈与生态恢复模型

生态恢复主要应包括以下过程:① 找出退化原因。② 制定阻止退化的措施,即撤除或缓解退化因素。③ 确立明确的目标,如要恢复的物种及生态系统的功能等,应充分认识到实施中会遇到的生态限制和社会文化限制。生态恢复的目标应是生物多样性和功能多样性(能量、水和营养的传递、动态演替及稳定性),这些也是恢复成功的指标。④ 制定易于观察的成功指标。⑤ 制定切实可行的恢复技术和措施,要与当地的土地利用计划和管理对策相适应。本地种(indigenous species)既是恢复的目标也是恢复的重要技术措施(如关键种的选择引进等),因为本地物种具有更高的繁衍扩散潜力,更易与整个生物网形成和谐密切的联系。⑥ 关

键因子监测，并对恢复计划及时做必要的调整。

### 3 恢复生态学与生物多样性保护

#### 3.1 生态恢复与生物多样性

生态恢复是生物多样性保护的重要内容和措施，而一个地区的生物多样性既是本地生态恢复的基础和源泉（如作为物种库），又是生态恢复的主要目标。当地生物多样性对生态恢复的贡献越大生态恢复的成功性也越大（Handel 等, 1994）。生态恢复区往往是一些生物危害如虫害鼠害严重的地区，虫害鼠害可能会导致整个生态恢复项目的失败，化学防治虽能起到暂时的作用但却不是长远的解决方法，且会成为整个生物多样性的威胁因素，生物防治可以使危害物种成为生态系统的正常成员，从而保障生态恢复的持续性，生物多样性是生物防治的基础。

#### 3.2 生态恢复与生物多样性的就地保护

目前，人们对生物多样性的保护主要是通过以建立自然保护区为特色的就地保护措施，因而关注的焦点为自然保护区。自然保护区应该是当地生态恢复的模板，同时保护区本身，特别是一些面临重大威胁的保护区也需要进行生态恢复，保护区周边地区同样需要生态恢复以避免保护区的“岛屿化”。在我国，保护区内部一般分为核心区和实验区，一些保护区的周边地区原则上被划为外围保护地带但实际上并没有得到有效管理和保护，保护区的“岛屿化”、核心区的“裸露化”及区内生境的割裂和破碎化问题非常严重，因而我国保护区特别是周边地区的生态恢复显得极为迫切和重要。因此，就地保护不应仅仅局限于自然保护区的保护，还应包括生态恢复的内容。

### 参 考 文 献

- Aronson, J., C. Floret, E. L. Floc'h, C. Ovalle and R. Pontanier. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the South. *Restoration Ecology*. 1 (1): 8 - 17
- Botkin, D. B. 1990. *Discordant harmonies: a new ecology for the twenty-first century*. New York: Oxford University
- Clewell, A. F. 1993. Ecology, restoration ecology and ecological restoration. *Restoration Ecology*. 1(3):141
- Handel, S. N. , G. R. Robinson and A. J. Beattie. 1994. Biodiversity resources for restoration ecology. *Restoration Ecology*. 2 (4): 230 - 241
- Hobbs, R. J. and D. A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*. 4 (2): 93 - 110
- Jackson, L. L., N. Lopoukhine and D. Hillyard. 1995. Ecological restoration: a definition and comments. *Restoration Ecology*. 3 (2): 71 - 75
- Jalme, M. S. , O. Combrea and P. J. Seddon. 1996. Restoration of *Chlamydotis undulata macqueenii* (Houbara Bustard) populations in Saudi Arabia: a progress report. *Restoration Ecology*. 4 (1): 81 - 87
- National Research Council. 1992. *Restoration of aquatic ecosystems: science, technology, and public policy*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- Naveh, Z. 1994. From biodiversity to ecodiversity: a landscape-ecology approach to conservation and restoration. *Restoration Ecology*. 2 (3): 180 - 189
- Naveh, Z. , and A. S. Lieberman. 1993. *Landscape ecology theory and application*. 2nd edition. New York: Springer Verlag
- Pickett, S. T. A. and V. T. Parker. 1994. Avoiding the old pitfalls: opportunities in a new discipline. *Restoration Ecology*. 2 (2): 75 - 79
- Pullin, A. S. 1996. Restoration of butterfly populations in Britain. *Restoration Ecology*. 4 (1): 71 - 80

## RESTORATION ECOLOGY AND BIODIVERSITY CONSERVATION

Yu Changqing<sup>1</sup>, Feng Zhuojian<sup>2</sup>, Jiang Zhigang<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Chinese Academy of Forestry Sciences, Beijing 100091)

(<sup>2</sup>Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

As a new discipline, restoration ecology with its practice of ecological restoration will play a more and more important role in the conservation of biodiversity. The concept, guiding principles and relationship with biodiversity are discussed about the restoration. It is suggested that restoration should be included in the *in-situ* conservation.

**Key words:** Restoration ecology, Ecological restoration, Biodiversity, *In situ* conservation

# 生 物 多 样 性 信 息 管 理



# 计算机新技术在生物多样性信息系统中的应用前景

夏经世<sup>1</sup> 伍玉明<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 北京麋鹿生态实验中心,北京 100076)

(<sup>2</sup> 中国科学院动物研究所,北京 100080)

**摘要** 生物学及相关学科长期积累的资料和现代计算机技术是建立生物多样性信息系统(BIS)的基础,两者缺一不可。在日新月异的计算机领域,硬件技术进步之快有目共睹,易于理解。然而软件技术的进步经常不为人们注意,如何应用这些技术而又保护以前的工作比起应用硬件复杂得多。这里介绍几种计算机新技术的发展过程,并且讨论了在BIS中的应用前景。

Internet/Intranet、Java语言的使用日益受到广泛关注。参加BIS的各个单位之间连接和数据调用可以应用这些技术,成为以网络为中心的分布式计算方式。BIS的一个重要功能是决策分析。数据仓库(数据商场,Data Warehouse)是在关系数据库的基础上发展,为决策支持系统(DSS)需求而产生的。数据仓库更多的依赖历史数据,而不是时时变化的数据,因此适合于处理庞大的数据,因此符合BIS的要求。

**关键词** 生物多样性信息系统 互联网/内联网 Java语言 数据仓库

## 1 生物学数据与计算机技术是生物多样性信息系统的基础

生物多样性不仅仅指狭义的生物学,而且包括农业、林业、海洋、环境和人文科学等等相关学科,这些学科的科学工作者经过长期研究积累了大量宝贵的资料,它是建立生物多样性信息系统(以下简称BIS)的基础之一。收集整理这些资料,将它们变为计算机数据并使之成为信息是BIS最重要的任务。信息系统中如果没有数据,或者数据太少,无论数据库、模型的建立,还是理论研究、决策分析都是毫无意义的,信息系统也不可能存在。现代计算机技术的飞速发展为建立BIS奠定了软硬件基础。计算机领域技术进步日新月异,例如近两年受到广泛关注 的Internet、Intranet、Java语言、数据仓库(Data Warehouse,简称DW)等等,如何将这些技术应用到BIS中是从事BIS科研人员的共同课题。

## 2 Internet与Intranet的进展与在BIS中的应用

计算机技术到目前经历了三个阶段:以主机为中心的主机-终端模式,分布计算的服务器/客户机模式和以综合网络为中心的分布计算模式。第三种模式以Internet(互连网,或称国际互连网,网际网)为主,辅以局域网、城市网、广域网。Internet起源于60年代美国国防部的ARPAnet,以后用于连接各大学和研究机构之间。进入90年代随着PC机的普及得以迅速膨胀(Tittle, 1995)。1996年Internet遍布大部分国家和地区,连接1000万台主机,现以每月20%~30%的速度递增。美国正投资1亿多美元建下一代Internet,将比现在的Internet快100~1000倍,用于连接美国的100多所大学和联邦实验室。这才是真正意义的信息高速公路的开始。据称到2000年时将有1亿多台计算机、10亿个用户使用Internet。我国在这方面

也发展很快,1995年底已有1万台主机、10万个用户加入Internet。

Internet的基本功能包括电子邮件>Email)、文件传输(FTP)、远程终端(Telnet)、信息检索服务(如YAHOO)、超文本(WWW和Gopher)和电子商业(EC)等(Moody, 1996)。以上这些功能也是BIS所需要的。防火墙(Firewall)是Internet的安全机制(Siyan, 1995)。BIS通过防火墙可以与外部进行信息交流,使外部有条件地访问BIS(图1)。

我国的计算机信息管理同时处于三种状态:单机应用,传统MIS(管理信息系统)和基于Intranet的网络应用系统。单机系统是最原始的方式,现仍运行于许多单位,但作为BIS资源共享、配合作业的有机系统,其性能价格比是最差的。MIS是围绕数据库技术和计算机网络技术进行开发和组建的。对于BIS而言,MIS有以下缺陷:由于过多地依赖于使用的硬软件、编程语言及开发者的个人素质引起标准性、可维护性差;没有标准的用户界面和操作流程使得培训工作复杂,用户难于使用等等;其他原因。这些都是造成我们现有系统用户很少的直接原因之一。Intranet很好地解决了这些问题,并正在取代MIS。Internet和Java的使用使得标准性和可维护性的大部分负担转给了硬软件提供商,Web浏览器使用户界面统一、简单、直观,无需培训就可以享受BIS的应用。

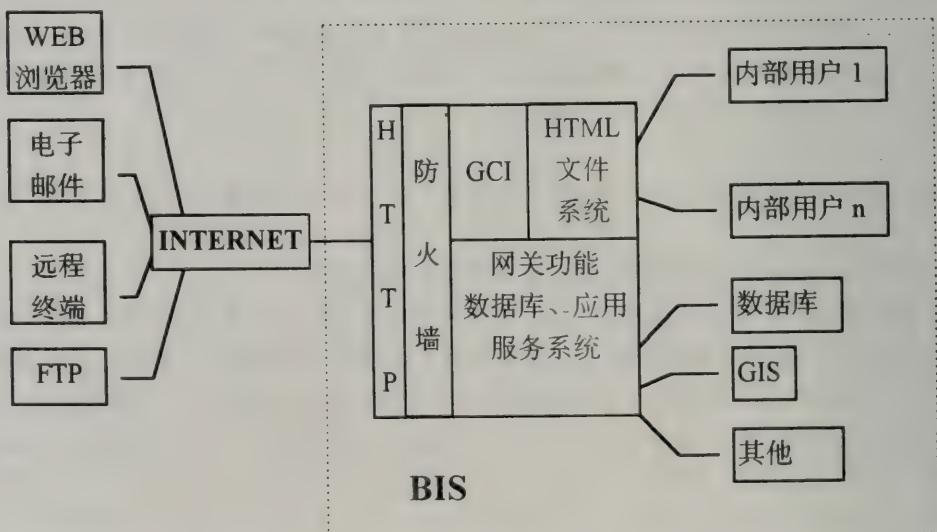


图1 Internet在生物多样性信息系统中的应用示意图

Intranet(内连网,企业互连网)正是基于Internet迅速发展而产生的。它沿用Internet的产品和技术,因此Internet的功能它都具有(Ablan, 1996)。它可以有自己的专用网络,也可借用外部的Internet进行企业(广义概念,包括商业、事业、政府部门等等)内部通讯和管理。它通过防火墙与外部的Internet用户和协作伙伴作有条件的信息交流。现在支持Intranet的软件已经不少,例如,新版IBM/Lotus Notes、微软的Exchange、Netscape的SuiteSpot就是不错的产品。将BIS看作一个大型企业,使用Internet/Intranet完成各个分中心和台站的连接、数据的共享和复制。完成以网络为中心的分布式计算。

World Wide Web(WWW, Web)是Internet发展最快的技术之一。现在,中国科学院动物所和微生物所已建立了自己的WWW站点。WWW浏览器遵循HTTP(超文本传输协议),页

面用 HTML(超文本描述语言)生成(Rick, 1996)。新版的字处理、数据库等都支持 Internet/Intranet, 例如微软的 Word 97 和 Access 97 将支持 HTML。Access 97 允许用户向 Web 发布静态和动态的数据库页, 还能够部分地复制到表(Form), 增加超链接至其他的 Office 文件和 Web 站点。使用 Web 浏览器可以大幅度降低软件开发时间和费用, 延长软件生命周期, 尤其适合于非专业的科研人员浏览、管理、操作 BIS 的数据。

### 3 与计算机硬件和操作系统无关的 Java 语言

Java 语言原由美国 Sun 公司于 1991 年 6 月为家用电器程序控制设计的通用语言(Oak), 虽然十分先进但却毫无市场。1994 年秋, Internet 和 WWW 开始快速发展, Sun 将 Oak 修改成 Java, 运行于 Internet 的 WWW 上, 成为目前唯一的跨硬件平台, 不受操作系统影响的计算机语言。Java 一经问世立刻受到计算机界的普遍欢迎, 发展与应用十分迅猛。今年在美国、日本、中国香港和中国台湾都举行过 Java 编程大赛。目前在 WWW 上运行着许多由 Java 编程的 applet。

Java 语言之所以流行是与它的特点密切相连的。

1. 跨平台独立性:Java 的字节码(byte - code)使程序代码的执行与硬件、操作系统无关。因此只要一次编程, 在不同的平台上配备 Java 解释器都可运行该程序。

2. 安全性:编译程序保证原代码不违反安全原则, 字节代码校验功能保证不出现非法执行, 因此可以防止制造病毒和外部病毒的入侵。

3. 面向对象:具有 C++ 面向对象特点, 同时去除了不常用和不良的特性, 因此大大地减少了软件开发和维护的成本。

4. 分布式界面:具有各类扩充程序库, 易与 TCP/IP 结合。

5. 多线程界面:可执行多线程操作。

Java 编程语言不仅可以作为 BIS 的 Intranet 跨硬件平台使用, 而且外部的 Internet 用户和协作伙伴利用浏览工具查询 BIS 中的数据、模型、GIS、决策分析等等(图 2)。

利用 Java 编制的 JavaOS(Java 操作系统)能够运行在各种 Java 虚拟机。虚拟机可以是一般的计算机, 如 NC(网络计算机), 也可是 PDA(个人数字助手)、打印机、蜂窝电话, 甚至电冰箱、洗衣机等家用电器。因此我们可利用 JavaOS 的这个特点, 改造 BIS 台站种的仪器, 使之智能化, 自动收集数据。

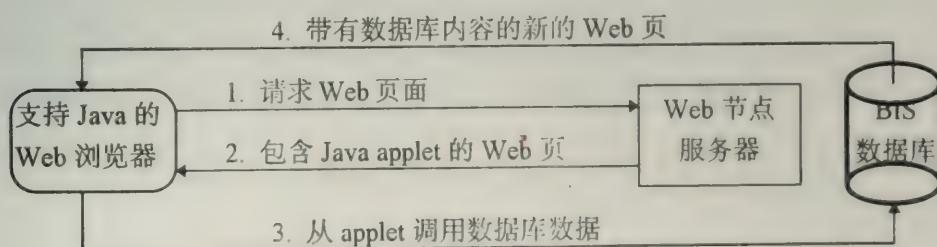


图 2 Web 浏览器利用 Java applet 调用数据库数据

### 4 数据仓库与决策分析

数据仓库(Data Warehouse, DW)是基于数据库系统, 为决策支持系统(Decision Support System, DSS)需求而产生的(Turban, 1993)。DSS 由三部分组成:DW、联机分析技术(On-Line Analytical Processing, OLAP)和数据挖掘技术(Data Mining, DM)。其中 DW 是核心, 用

于数据的存储和组织;OLAP 和 DM 是建设 DSS 的手段,分别用于数据的分析和知识的自动发现。DW 更多的依赖历史数据,而不是时时变化的数据。DW 适合于处理庞大的数据。以上特点正符合 BIS 的要求。以往的 DSS 中有数据库管理系统、模型库管理系统、知识库管理系统。几乎所有有关建立生物多样性数据库的功能中都提到满足国家和地区的需求,为部门提供决策等等,然而仅仅使用数据库导出 DSS 存在种种问题。在基于传统数据库的决策系统中,不同决策部门或专家将所关心的一小部分数据或横向或纵向从原始数据库中提取,由于算法、抽取级别、外部数据参考值不同,同一问题可产生不同、甚至完全相反的结果。广义地讲,DW 是来自一个或多个数据库的数据拷贝。即数据仓库是物理存放非最新、专有的,来自其他数据库的数据。DW 系统如同数据库系统一样,包括 DW、DW 管理系统、DW 工具。其工具中含有面向中高级领导、部门、专家的分析型工具(Brackett, 1996)。在 BIS 中不妨试用 DW 以解决 DSS 问题。

Web 浏览器不仅仅可用于浏览文本、图像、声音,而且可以访问数据库和数据仓库。Web 服务器及需要的网关起到信息传递和转换作用。服务器和数据库中的防火墙可以保证数据库的数据不被非法篡改、盗用。Web 服务器安装了利用 DW 数据的 HTML 页面和应用程序之后,就可供任何用户通过 Intranet 或 Internet 进行访问。现已有可以把 DW 的信息转换为用户最为熟悉的用语隔离掉系统的复杂性。

## 5 讨论

### 5.1 BIS 的重点应放在软件开发和数据采集

BIS 是一个大型的系统工程。BIS 不仅仅表现在增加硬件设备上,更重要的是软件开发和数据采集。硬件的更新速度极快,然而,软件开发(包括一些数据的标准化)和数据整理却要大量的时间,因此 BIS 首先应把人力、经费投入到数据整理和标准化上,硬件只要满足基本要求就行,当需要在各中心、台站推广时再配备最新的硬件。如此不仅仅能用上最好的设备,而且节省经费。

### 5.2 BIS 应有专门的开发维护队伍

BIS 既然不是一项短期课题,就应该有一只稳定的专门的开发维护队伍。鉴于事业单位正在改革中,体制、人事制度、经费来源都在变化,因此专门的队伍更为必要。一般认为软件生存周期正在缩短,多数开发出来的应用程序只能支撑 6 个月,所以开发之后的维护和升级非常必要。这只队伍可由各个参加 BIS 的单位派专人参加,负责各单位的数据收集、整理,各部门系统的维护。软件选购开发和代码标准化等统一的计划由主要单位协调分配解决。如果没有专门的队伍,可能出现从 BIS 争取经费完成其他任务的现象,或者人事变化引起 BIS 部分工作停职。

成立专门队伍另一个好处可以受到一定的重视,避免传统观念的鄙视和束缚。

### 5.3 BIS 的技术起点要高,尽量采用新技术

这里提到的采用新技术,硬件指不急于大量购置配备,而在总体设计、软件开发、数据采集差不多时再进行。软件则应用技术上先进而且成熟的,例如 MS Access 比传统的 xBASE 性能好得多,例如在数据完整性、安全性、与 Internet 连接等方面。由于经费紧张且 BIS 保密性不强,是否可考虑用免费(free)软件,例如 Linux 操作系统(一种 UNIX 操作系统)可以作为 Web 服务器,Navigator 作浏览器,Java 用于开发,如此等等。

### 参 考 文 献

- Ablan, Jerry. 1996. *Developing Intranet Applications with Java*. Sams. Net., Prentice Hall Co  
Brackett, Michael H. 1996. *The data warehouse challenge: taming data chaos*. New York: Wiley  
Moody, Glyn. 1996. *The internet with Windows*. Oxford: Butterworth Heinmann  
Siyani, Karanjit. 1995. *Internet firewalls and network security*. Indianapdis, Ind: New Riders Pub  
Stout, Rick. 1996. *The World Wide Web Complete Reference*. Berkeley, California: Osbone Mc Graw - Hill  
Tittel, Ed. 1995. *Internet access essentials*. Boston: AP Professional  
Turban, Efraim. 1993. *Decision support and expert system: management support systems*. New York: Macmillan Pub. Co.

## A PERSPECTIVE OF APPLICATION OF NEW COMPUTER TECHNOLOGY IN THE BIODIVERSITY INFORMATION SYSTEM

Xia Jingshi<sup>1</sup>, Wu Yuming<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Beijing Milu Ecological Research Center, Beijing 100076)

(<sup>2</sup>Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

The Biodiversity Information System (BIS) was established based on modern computer technology and the data from biology and other related sciences. In the field of computer technology, the development of hardware is very rapid and has attracted much attention, while the development of software is often neglected and thus no great importance has been attached to it. It should be pointed out, however, that how to use these new software techniques, and at the same time, to protect the previous investments, are more difficult than to use hardware. In this paper, the history of several new software techniques, including Internet/Intranet, Java Language, Data Warehouse, is introduced, and their possible application in the Biodiversity Information System is discussed.

The application of Internet/Intranet and Java Language has aroused great interests. The institutions and persons of the BIS can communicate and exchange data with each other, and thus a network - center distribution system is established. One important function of BIS is to make decision analysis. The Data Warehouse (DW) is developed from related databases and is established to meet the demands of the Decision Support System (DDS). A data warehouse system is a repository of stable historical data that can be easily accessed and manipulated for the decision support. Since the data of the BIS, such as the information of species, specimens, genotypes, are usually constant and historical, DSS and DW can be used in BIS.

**Key words:** Biodiversity Information System, Internet/Intranet, Java language, Data Warehouse

# 关于生物多样性信息系统的问题与建议 I 研究与技术

蔡淇松

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

**摘要** 根据科学数据的需求和生物多样性研究的特点, 生物多样性信息系统与产业部门的或简单的商业信息系统有所不同, 应具备科学数据库特点并受科研进展制约, 它是专业研究、基础信息、模式研究与专家、编目与代码等多个子系统集成的复杂系统, 各子系统由多个“同类”系统组成并随着生物多样性研究的深入等因素而不断发展。其技术支撑系统应该与此相适应, 并具多种功能。应尽早实施其信息系统规划, 确定各子系统的定义、内容和内部管理的标准规范等, 以利于其信息系统的建设、集成与发展。

**关键词** 生物多样性信息系统 系统设计 问题与对策

## 1 前言

信息的应用越来越重要。当今世界, 谁掌握了信息并使之转换为经济、科技优势, 谁就掌握了发展的主动权(李正男, 1995)。目前, 信息系统能为信息管理、使用提供有效手段; 而经济和科技发展对信息的需求越来越强烈。但只有少数的信息系统能成功地满足需求, 如金融机构的某些商业信息系统, 而在科研方面, 大多数信息系统的应用尚难以令人满意, 表现为其应用与所期望的差距较大或与支撑系统应有的功能不相应。原因之一是信息来源的复杂性, 在中国生物多样性计划已能充分说明这点(“中国生物多样性保护行动计划”总报告编写组, 1994), 复杂性实质在于它是科学的研究而不是产业部门的操作, 难以根据信息标准、规范等对其操作。可以成功预测科研发展水平与将获得的成果, 但难以预计具体的科研中如何使用数据, 因为这是科学的研究。之二是采用成功的商业信息系统的模式对待科学信息系统, 其评价观点不利于科学信息系统建设。科学数据“属性”相当复杂, 例如银行利率与货币来源无关, 而科研的温度数据的测试设备手段、测试意外等“背景”资料是研究海水温度变化与海平面关系时需考虑的复杂因素。之三是目前软硬件支撑系统虽达到相当高的水平, 第四代语言 4GL 提供强有力的开发工具。但进行了十多年的第五代计算机研究还未能实际应用。即还不能使用自然语言设计计算机的程序和系统。

据此, 生物多样性信息系统应是分段实施的复杂的集成系统。首先需要“前期”规划, 而不能等待生物多样性研究成熟后或按产业部门那样依据数据的标准规范进行操作; 需要细化生物多样性信息系统的范围并据此进行总规划、各个子系统的规划; 以及依照软件工程方法提高信息管理系统内部的管理水平, 从而确保整个系统的质量与水平。需强调的是, 应该从反映科学数据的真实“全貌”角度广义地看待信息的范围, 以避免将来使用现数据进行研究时, 再出现像研究地震历史资料时对其数据“属性”的遗憾(蔡淇松等, 1997)。即数据的可用性出现问题。

• 国家科技攻关项目“南沙群岛及其邻近海区综合科学考察”的“南沙海区综合科学数据与信息系统”课题和中国科学院生物多样性信息系统海洋分部的共同研究成果

## 2 信息系统的相关部分及其科学数据库

单纯认为信息系统是计算机或微机系统的“事情”是一种误解。任何科学信息系统都依赖于管理部门、研究专家群和信息系统专家之间不断深入的密切合作(图1):这包括信息系统规划建设与使用、数据采集及其背景资料的获得等;而生物多样性信息来源具有“被动性”的特征,即只能根据研究中所产生的数据进行工作,难以提出额外的数据要求,除非信息系统是该课题的“老板”;科学数据库发展根本动力是科研需求,是数据的可比性可用性,即信息系统真实反映基本数据的“全貌”,而不仅是所记录的数据本身。对本领域研究专家会认为“多此一举”的数据质量、数据项“属性”及其数据项的固有时空尺度等数据集“属性”信息(黄荣辉和染幼林,1996),对其他专家特别是综合研究的专家就十分重要,例如需依数据固有的时空尺度从巨大的数据集中有效检索与分析数据;此外,信息系统建设需要管理部门的有力支持,这包括政策方面。例如数据可用性、质量控制及其数据积累需要有效措施稳定基本队伍;数据质量评价的可操作性也不易解决,而不确切的信息系统评价标准将直接影响信息系统及其队伍的建设与发展。

除数据“属性”问题外,科学数据库难以预测科学家使用数据的范围与方法,即难采用简单菜单驱动界面。科学数据库广义的“界面”应该为四个W,即信息系统中有什么数据(What);数据覆盖的时间范围(When)和空间范围(Where);获得数据的方法(How)。而空间数据查询界面、以时间序列和空间序列组织数据比较合理。菜单式界面对特定的查询具高效特点,但科学家首选是数据的可比性与可用性,其次是查询效率。此外,科学数据库仍应具有数据完整性、一致性、安全性和故障恢复等数据库系统的基本特征(全民和张倪,1993)。

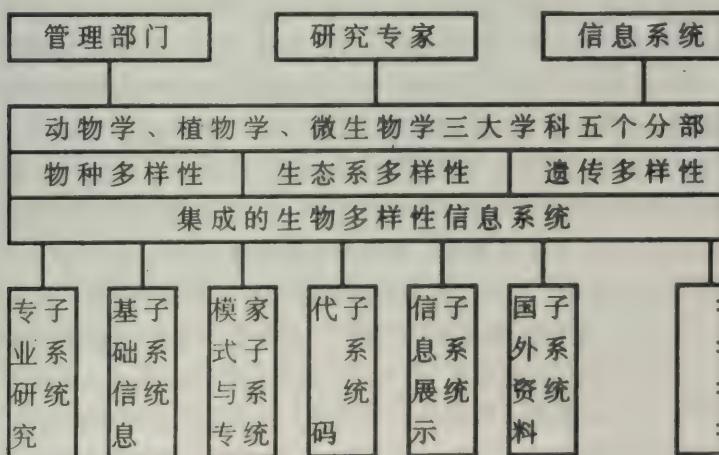


图1 集成多样性信息系统框图

生物多样性信息系统规划是其实施的蓝图、阶段目标和它的内部管理规定;各子系统是该蓝图的模块。建设模块需据其内部管理规定;根本准则是数据可比性可用性在计算机的体现。

## 3 集成的生物多样性信息系统

可以采取多种方法规划生物多样性信息系统及其各个子系统并分步实施,中国生态研究

网络 (CERN) 报告的数据集定义、指标体系是生态信息系统“框架”的一种办法<sup>\*</sup>。生物多样性编目系统是物种多样性研究与保护的当前规划,但并非都具备建立信息系统所需的具体规律性,即某种濒危物种的生境及其变化、习性等的确切关系。况且,最新资料表明,全球估计约 1360 万个物种(甚至更多)中,被识别出并做了记录的只有约 170 万种”。此外,遗传多样性、生态系统多样性研究还有艰巨的任务。因此,仅编目系统不足以作为生物多样性信息系统的规划。也可以根据生物多样性保护与研究的特点,建立多个信息子系统作为多样性信息系统规划框架。无论采用哪一种方案,其信息系统都将是个集成系统,因而其内部管理需要总体设计,包括子系统内外的范围与命名。上述各个子系统可以是信息系统集,简述如下(图 1)。

**专业研究子系统:**对于生境、习性等生物学研究的规律性较确切、受威胁程度明确、生物多样性意义等级和重要性分级比较确切的保护物种,即编目系统中研究比较清楚的物种,或者说具备数学所说的“充分必要”条件,才适合建立本子系统以实施物种保护,否则只适合于建立提供基础信息的子系统,供研究如何建立物种保护措施使用,即编目系统包括物种保护实施、研究两部分。本子系统与产业部门的或简单金融的信息系统相似。因此,“中国优先保护物种目录”(“中国生物多样性保护行动计划”总报告编写组,1994) 是难以采用一个信息子系统实施的。

**基础信息子系统:**对于具“被动性”数据的生物多样性研究信息,因生境、习性还处于研究中;或受威胁程度、多样性等级和重要性研究等还未确认;或像海洋生物数据采集的随机性离散性较大而难以重复,数据不可多得等因素,难于建立专业研究子系统时,适于采用本子系统管理其数据:该系统可采用数据集登记库、数据字典库和实测数据库三个层次实施信息管理的管理;提供库内各数据类型(数据元素)评估与分析报告,随数据量增加而动态地给出数据集相应的概貌;记录采集数据集的意外情况和具体数据项测量分析方法的“属性”,即数据项的可比性可用性特征;提供数据的固时空尺度特征,即使用数据时的有效检索范围等。空间数据检索界面是本子系统的有效查询手段(黄荣辉和染幼林,1996;蔡洪松等,1997),。应该强调,本子系统侧重于生物多样性保护的研究而不是实施。收集数据的“目标”相对“模糊”、强调反映数据的“全貌”,最需要管理部门和研究专家群的支持,它适合管理各种类型、格式的数据集。

**模式研究与专家子系统:**本子系统是在软硬件支撑系统基础上,采用前两个子系统的数据资源和其他资源进行深层研究。与产业部门的重复性工作区别是,模式研究与专家思维是个相当活跃的领域,它应包括模式库、专家库等,我们不能规定生物多样性研究专家所采用的研究模式,但应提供已有模式用于佐证或参考。如果模式比较成功,可将其纳入专业研究子系统中或模式库内。同样,成功的专家系统可纳入专业研究子系统中实施物种保护。因此,本子系统可能是相当松散的,不断开发研究的集成子系统,是整个集成信息系统中与专家群结合最密切的,最活跃并易于展示研究水平的子系统。

**代码子系统:**代码应该包括维护数据完整性、一致性的和本集成信息系统内部管理的代码系统。前者强调代码的唯一性、可扩充性和信息的充分性(蔡淇松等,1996),还需要易于识别,像根据个人资料可直接得出其身份证编码。生物代码系统相当复杂,其客观现实是:其一,物种多样性是由各种生物组成,但其专一性、独立性和不统一性确定了其复杂性;国际上动物

\* 中国科学院. 1992.“中国生态系统研究网络”建设项目报告. 28

\*\* 中国科学报. 1996. 10. 11. 美国“科学”周刊 (1996. 10. 4) 主要内容介绍

学、植物学、微生物学和古生物学的命名法规各不相容,互相独立。如 VAR. 变种,动物学无效而植物学有效;对物种多样性的研究深度与广度差别较大,陆生生物优于淡水的,更优于海洋的,植物优于动物,更优于微生物,动物中有脊椎优于无脊椎的;此外,客观存在专家对分类认识的不统一性、独立性和自由性。例如 Veron 和 Pichon (1979) 指出 *Fungia crassa* Dana 1846, 是遗忘名 (nomen oblitum), 根据国际动物命名法的第 23 条 b 款, Gardiner 1905 建立新种 *Herpolitha simplex* Gardiner 是合法的, 而 Hoeksema (1989) 和 Hoeksema & Dai (1991) 提出的 *Ctenactis crassa* (Dana) 是不合法的。但是, 各专家坚持己见, 在信息系统中对类似的问题应有具体处理准则。其二是现认识的物种与存在的物种相差甚大, 上述的 1360 万个物种被识别记录的约 1/8, 并不断有新种被发现和许多生物被淘汰, 包括高科技创造有利与“有害”的人为新种, 人们的认识跟不上生物物种的变化。其三是仅动物分类对于物种的定义, 从历史角度看有大致分为林纳、达尔文和近代一般学者等多种观点 (万德光和吴家荣, 1991)。

内部管理代码系统需要依据整个系统的规划、框架, 研制一套标准的管理编码准则, 以提高管理水平、提高软件质量 (郑人杰, 1991) 和有利于 4GL 语言工具开发应用界面和最终的系统集成。

此外, 还可据需建立信息展示与信息提取子系统、与具体研究欠缺直接关系的子系统 (像生物多样性保护措施等) 或国外资料子系统等, 编目系统可以独立为子系统或在代码子系统内。规划还应该考虑到各子系统与动物、植物和微生物三大学科及其五个信息分部, 以及与生态、物种和遗传多样性等关系。应再强调在总体规划下逐步实施各个子系统及其总系统的集成。等待生物多样性信息系统发展到一定水平后再去考虑规划, 是会出现许多意想不到的问题。

#### 4 技术支撑系统与网络

目前, 包括多媒体的技术支撑系统迅速发展并达到相当水平, 在不到十年时间内, 原设计信息系统需要认真考虑的运算速度、储存空间、网络和多媒体等技术问题已易于解决; 事件驱动的 4GL 为程序设计者有效地提高程序质量与设计效率, 减轻编写繁琐的程序代码事务。但人工智能等研究成果难以实际应用, 从这个角度上说, 除多媒体外, 技术支撑系统还未有实质性变化。

在操作系统和数据库系统方面, UNIX 平台和 ORACLE、SYBASE、INGRES 等大型数据库系统采用许多先进技术, 系统软件已具备数据库系统的基本特征和网络共享的能力, 用户只需考虑管理程序则可。这有利于专业研究子系统或信息展示、提取子系统, 但需要技术“含量”较高。微机的 DOS 或 WINDOWS 平台和数据库管理系统多而普及, 但需要在程序设计中考虑确保数据数据库基本特征和网络共享数据问题。不应忽视数据库基本特征, 若把数据库比作图书馆, 当使用时还要考虑书籍 (信息) 是否已校对或遭受过破坏等问题时, 谁敢放心使用它。生物多样性信息系统首先是数据可比性可用性 (数据“属性”复杂性) 其次是检索数据的时效性的观点, 容易“掩盖”对数据库基本特点的要求。因此, 在多样性信息系统的多个子系统中, 都应该时时注意。

网络及其“开放性”是共享数据的有效手段, 应注意技术发展使得许多提法的变化, 例如开放性, 80 年代初指 UNIX 系统; 90 年代初指“标准、规范”; 随后是开发 (DEVELOP)、展开 (DEPLOY)、集成 (INTEGRATE)。技术迅速发展使得其词汇显得“贫乏”, 就微机来说, 640KB 内存的 IBM - PC/XT 比 64KB 内存的 APPLE 微机大有进展, 随后的 286、386、486、

586 等微机称为先进的、高档的、超级的等,其词汇一是不够用,二是未像基础学科概念来得及定义时又有新词汇了,不能跟着词汇走。建议采用具有多层次网络功能支撑信息系统,即微机与工作站间联成具有共享硬盘、UNIX 终端和客户/服务器功能的局域网,而网际间采用 INTERNET 方式。有利于共享资源和原操作微机人员的技术转移,有利于向计算机新平台转移和实现生物多样性信息系统的总目标,合理使用技术支撑系统的资源。

即是说,不应过于强调支撑系统的统一性,而且也不易实现,但在子系统层次可考虑较统一的管理标准。至于文字处理系统、多媒体等要求统一是合理并减轻许多重复工作。而硬件系统,应比软件要求更为宽松,采用能支撑软件系统运行即可以接受的原则比较合适。

## 5 结论

5.1 生物多样性信息系统是由多个子系统组成的、逐步实施的集成信息系统,各子系统应该有不同的策略、方法和标准等。当前应进行信息系统的总规划。在其指导下进行子系统的设计。

5.2 科学信息系统工作中的管理部门、研究专家、信息系统专家等的紧密配合是系统成功的重要条件。认为信息系统是计算机和数据库等方面“事情”是一种误解。

5.3 为满足科学对数据的可比性可用性根本需求,应该注重科学数据的复杂“属性”以接受时间的检验。为以后的研究工作提供真实反映数据的“全貌”的信息资源。

作者感谢中国科学院南海所陈清潮、邹仁林、黄良民教授对本文提出的具体建议与意见。感谢邹仁林教授为本文提供具体的生物分类方面的观点与资料。

## 参 考 文 献

- 蔡淇松,周锡徐等.1996.海湾生态信息系统设计中的几个问题.见潘金培,蔡国雄(主编).中国科学院南海海洋研究所、大亚湾海洋生物综合实验站研究年报(第一期).北京:科学出版社  
 李正男(主编).1995.信息高速公路.北京:电子工业出版社  
 全民,张倪(主编).1993.工作站系统结构、软件开发及应用.北京:国防工业出版社  
 万德光,吴家荣(主编).1991.药用动物学.上海:上海科学技术出版社  
 郑人杰(主编).1991.实用软件工程.北京:清华大学出版社  
 “中国生物多样性保护行动计划”总报告编写组.1994.中国生物多样性保护行动计划.北京:中国环境科学出版社

## PROBLEMS IN BIOLOGICAL DIVERSITY INFORMATION SYSTEM AND SOME SUGGESTIONS I. STUDY AND TECHNIQUE

*Cai Qisong*

(South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301)

Owing to the special requirements to scientific database and the characteristics of biodiversity study, the design of biodiversity information system is different from that of common commercial management systems. Biodiversity information system is a special scientific database that consists of several subsystems, such as the specialists' study subsystem, the basic information subsystem, the model analysis subsystem, the specialist subsystem, the catalogue subsystem and the code information subsystem, and each subsystem consists of several homogenous systems and will be improved with the advance of biodiversity study. Correspondingly, the technical support system should be multi-functional. It is considered that a project of the design of the biodiversity infor-

mation system, including the definition of each subsystem and the determination of its content, and the establishment of standards of management, should be started as soon as possible.

**Key words:** Biodiversity information system, System design, Problems and strategies

## 生物多样性信息管理数据库的建立和应用·

朱建国 何远辉

(中国科学院昆明动物研究所, 昆明 650223)

**摘要** 本文介绍了由中国科学院昆明动物研究所研制开发的“脊椎动物标本资源信息管理系统”和改编的“物种、生境和保护区信息管理系统(CMASS 2.0)”。简要说明了建立脊椎动物标本资源信息管理系统和物种、生境和保护区信息管理系统的目和意义, 分别介绍了这两套系统的结构设计、数据模型、基本功能和特点, 以及系统创建或应用的物种和地名代码体系、技术特点等。最后介绍了已经用这两套系统建立的昆明动物研究所标本馆脊椎动物标本资源管理库的基本建库情况以及物种、生境和保护区信息库的基本建库情况。

**关键词** 生物多样性信息管理系统 脊椎动物 标本 生境 自然保护区

生物多样性保护需要对基础分类、资源现状、人类利用和发展趋势以及生态学关系等各种信息进行有效管理, 保护行动应建立在准确的信息之上, 而信息传播越广泛, 对问题提出看法或解决途径的单位及个人就越多, 就越有利于保护。

建立生物多样性信息系统可以改善科研和管理手段, 改进决策方法和依据; 对信息资源进行统一管理, 增强资源共享, 逐步实现信息收集加工、传递储存检索和使用的计算机化; 发挥专业管理、信息咨询和分析预测的整体功能; 提高工作效率和管理决策水平。

本文主要介绍近年来昆明动物研究所围绕生物多样性信息管理和应用所建立和使用的两套信息库的基本情况。

### 1 脊椎动物标本和资源分布信息管理系统的建立与实现

本系统的研制始于 1987 年, 最初用于建立昆明动物研究所鸟类标本资源管理信息库。在进行了多次修改和完善后, 先后建立了鱼类、兽类和两栖爬行类标本管理库并扩展成为现在的脊椎动物标本和资源分布管理信息系统(图 1)。

#### 1.1 系统软件设计及数据结构

编程语言: FOXBASE 2.0, 根据系统的功能模块组成, 采用了结构化设计方法来实现。数据结构见表 1。

#### 1.2 系统模块及其主要功能

本系统具有追加、查询、修改和统计等功能, 为提高效率还建立了三个索引文件, 下面是模块的主要功能:

追加模块: 输入物种分类代码或采集地代码后, 自动翻译成标本的采集地(省、地、县)及物种的分类属性(目、科、属)等, 便于向系统增添数据。

修改模块: 能快速对某一物种或采集地的数据进行修改。

查询和统计模块: 可按下列各种不同的方式进行查询和统计, 显示或打印给定条件下的全

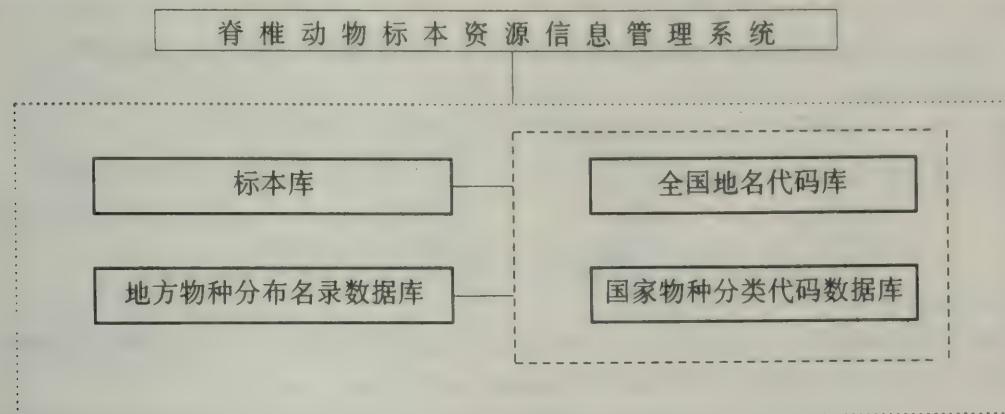


图1 系统结构图

部物种名录，并附有保护物种或濒危物种名录数据组：1. 按物种或亚种统计：对某一物种或亚种统计其整个标本库或某个采集地（省、地、县）的基本信息；2. 按采集地统计模块：按查询要求输入采集地代码，就可统计出某省、地州、县市采集到的标本总数，列出目、科、种及亚种数目；3. 对整个标本库进行统计：给出标本库有多少号标本，共多少目、科、种、亚种；4. 按目、科统计标本：输入目、科代码等条件，就可输出整个标本库里该目、科有多少号标本；5. 按野外采集年、月统计：输入野外采集日期，就可输出某年、月在野外采集到的标本数。

本系统不仅具备标本馆日常管理功能，还可对省内各地州、县（市）提供鸟类、兽类、两栖爬行类和鱼类的资源分布状况查询、统计等。

表1 标本资源管理数据库的主要信息项(以鸟类为例)

标本库(鸟类)	地名代码库	物种分类代码库	物种分布名录库
分类编号	地名代码	分类编号	分类编号
标本总号	地名	目	地名代码
采集号		科	分布地(省县保护区)
采集地		种	资源现状
采集日期		英文名	发展趋势
海拔高度		学名	居留情况
采集地经纬		保护等级	参考文献
性别		IUCN 1994 红皮书级别	
体重		CITES 状态	
全长		是否中国特有物种	
嘴峰长		地理分布(省)	
翅长		居留情况	
跗蹠			
尾长			
是否为交换标本			
地名代码			

### 1.3 系统使用的编码及其原则

全国地名编码：采用中华人民共和国行政区划国家标准编码（GB 2260-84），收录了除台湾省外全国各省、地（州）、县（市）的代码共3413条记录。

物种编码：我们制定了中国脊椎动物分类编码方案并建立了编码库。采用了11位五层编

码方案：

一层 2 位对应到纲；二层 2 位对应到目；三层 2 位对应到科；四层 3 位对应到种；五层 2 位对应到亚种，例：

代码	中文名称	拉丁名称
01	哺乳类	Mammalia
0101	食虫目	Insectivora
010101	猬科	Erinaceus
01010101	毛猬	<i>Hylomys suillus</i>
0101010101	(亚种 1)	<i>Hylomys suillus suillus</i>
0101010102	(亚种 2)	<i>Hylomys suillus microtinus</i>

#### 1.4 已建立的物种分类编码库（表 2）

鸟类：以郑作新先生分别于 1986 和 1994 年发表的《中国鸟类分布名录》和《中国鸟类种和亚种分类大全》为依据，建立了中国鸟类分类名录代码数据库。

兽类：以王应祥等的《中国哺乳类物种纲要》（待出版）为依据，建立了中国兽类分类名录代码数据库。

表 2 标本管理数据库情况

数据库	物种数	标本数	记录数
1. 全国地名代码库	-	-	3413
2. 物种分类编码库			7966
鸟类	21 目 81 科 1189 种	-	
兽类	14 目 55 科 597 种	-	
鱼类	43 目 282 科 2941 种	-	
爬行类	4 目 23 科 386 种	-	
两栖类	3 目 11 科 281 种	-	
3. 地方物种分布名录库			38023
省(区)级	-	-	6734
县级	-	-	25413
保护区级	-	-	5858
4. 标本库(昆明动物所)			46683
鸟类	773 种	17656	17656
兽类	253 种	9172	9172
鱼类	493 种	24668	2500
两栖类	135 种	12198	12198
爬行类	148 种	5157	5157
合计		68881	96085

两栖爬行类：以赵尔沁等 1995 和 1996 年发表的《中国两栖动物地理区划》为依据建立了中国两栖类分类名录代码数据库。

鱼类：以成庆泰等 1986 年发表的《中国鱼类系统检索》作为鱼类分类系统，建立了中国鱼类分类名录代码数据库。

#### 1.5 已经建立的数据库

##### 1.5.1 标本信息库

建立了昆明动物研究所脊椎动物标本信息库，已录入了昆明动物所标本馆收藏的兽类、鸟类、两栖类和鱼类标本近 7 万余号，详细情况见表 2。

各类群库都对各个物种是否为国家重点保护物种、IUCN 1994 公布的濒危等级，以及是否列入“濒危野生动植物物种国际贸易公约”作了注明。

### 1.5.2 物种分布名录信息库(表2)

此库的建立一方面可以为省(自治区)、地、县及保护区提供动物资源分布情况,另一方面可以为脊椎动物的分类、区系组成及系统演化研究提供各种查询和统计方便。该库如下三级子库:1. 省(自治区)分布名录库:可按省级水平检索物种分布情况(表3);2. 县级分布名录库:可按县级水平检索物种分布情况(表4);3. 保护区分布名录库:可按自然保护区水平检索物种分布情况(表5)。

表3 可按省(自治区)进行物种检索的省份

省(区)	兽类				鸟类				两栖类				爬行类			
	目	科	种	目	科	种	目	科	种	目	科	种	目	科	种	目
北京	7	18	53	18	61	343	2	5	10	2	8	23				
广西	10	36	146	19	57	462	3	10	72	3	19	136				
四川	9	31	185	19	59	572	2	10	53	3	11	69				
甘肃	8	32	163			438	2	9	24	3	9	57				
上海	8	17	40			362	2	6	14	3	11	69				
云南	10	35	300	19	71	794	3	11	104							
海南	8	24	76	20	60	344										
贵州	8	30	142	17	43	403	2	10	62							
新疆南部	7	18	73	19	41	242										
黑龙江				19	57	343	2	6	11							
辽宁				21	57	365	2	6	15							
浙江	10	30	99				2	9	43	4	15	82				
宁夏	6	19	75				1	3	7							
西藏	8	21	126													
吉林									11							
河北							2	6	11							
内蒙古									32							
江苏							2	7	19							
安徽							2	9	38							
江西							2	8	39							
河南							2	7	19							
湖北							2	10	46							
湖南							2	8	53							
广东									47							
陕西							2	8	29							

表4 可按县级水平进行物种兽类检索的省份

省份	兽类				鸟类				两栖类				爬行类			
	目	科	种	记录	目	科	种	记录	目	科	种	记录	目	科	种	记录
广西	10	36	146	1344	19	57	462	1424	3	10	72	233				
贵州	8	30	142	586	18	54	417	2085	2	10	58	236				
云南	10	35	300	2120	18	41	794	6175	3	11	104	479				
四川	9	31	185	2674	19	59	572	5616	2	10	93	426	3	11	69	524
浙江									2	9	43	310	4	15	82	640
福建													6	77	469	
合计				6724			15300					1774				1633

## 2 物种、生境、保护区信息管理系统的建设及实现

### 2.1 系统的设计和分析

#### 2.1.1 系统的结构设计

本系统有五个主要数据库文件,分别存放物种基本信息、保护区基本信息、生境状况数据、物种调查信息及文献信息(图2)。

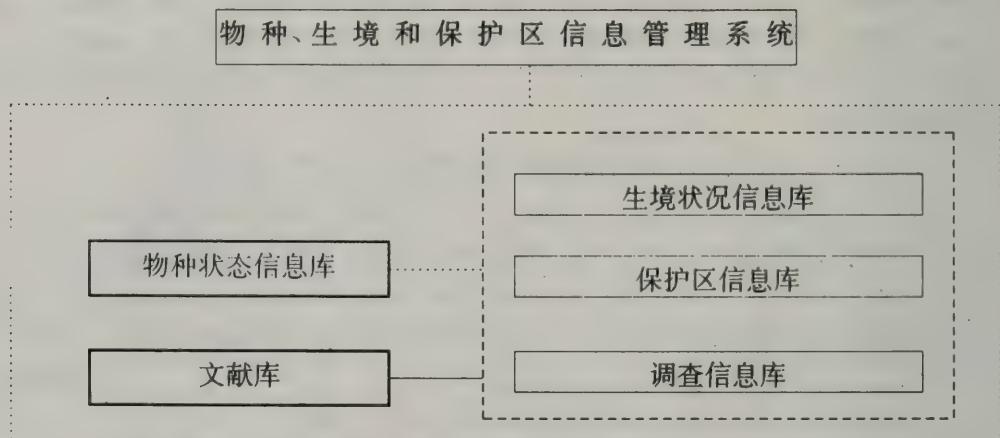


图2 系统的结构图

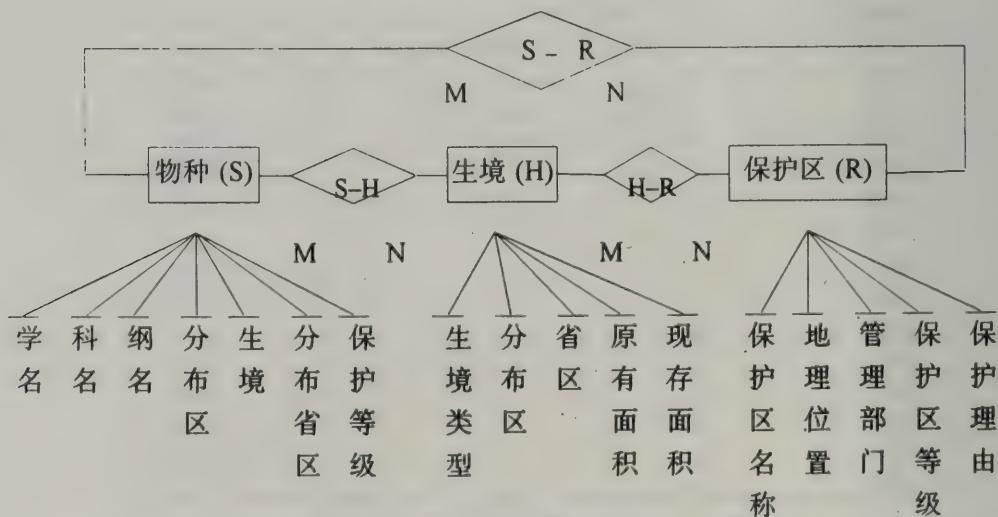


图3 系统的E-R图(M: N, 表示多重对应的关系)

说明:物种(S)与生境(H)的关系为M:N(是指一个物种可栖息于一种或多种不同类型的生活;同时一种生活可栖息一种或多种动物)

### 2.1.2 数据模型分析

采用E-R方法(Entity-Relationship Approach)将现实数据转化为计算机信息。

物种基本信息、生境状态信息及保护区基本信息是管理系统的三个基本元素,而每一个元素作为实体又拥有多个属性,图3表示三个实体之间的联系。

### 2.1.3 数据结构分析

物种、生境和保护区数据库管理信息系统的主要数据项有物种信息、保护区信息、生境信息、调查信息、文献信息、交易信息等(表6)。这与世界自然保护监测中心(WCMC)的数据结构基本一致,但目前缺少图像和地图类型资料。各信息项构成多组数据库文件,但又成为一个

整体,录入资料经模型库运算后,可自动对保护区或物种等进行状态分析。

表 5 自然保护区物种名录建库情况(加\*者仅为重要物种名录)

省份	保护区名称	鸟类	兽类	两栖类	爬行类
云南	西双版纳	427	102	38	60
	高黎贡山	343	115	28	48
	哀牢山	383	86	26	39
	怒江	269	106	10	14
	无量山	290	101	28	38
另有 25 个保护区有重要物种名录					
贵州	麻阳河	149	37	14	18
	茂兰	103	60	19	39
	雷公山	121	52	36	56
	野钟黑叶猴	104	29	9	9
四川	卧龙	281	103	18	21
西藏	墨脱*	28	30		
	波密岗乡*	7	13		
	林芝东久赤斑羚	71	21		
	聂拉木樟木沟*	10	18		
	吉隆江村*	19	27		
	珠穆朗玛峰*	24	28		
	羌塘*	36	16		
	申扎*	14	10		
	芒康*	36	44		
	巴吉*	15	22		
类鸟齐*					
广西	金钟山	131			
海南	尖峰岭	215	68	38	50
河南	伏牛山	213	62	14	31
	宝天曼	116	48	11	26
	鸡公山	170	45	15	28
陕西	佛坪	49			
	太白山			7	21
山西	庞泉沟		22	30	
甘肃	白水江		59		
福建	牛姆林	56	28	11	15
浙江	凤阳山		74		
	古田山	90			
	九龙山				26
湖北	神农架			7	21
河北	小五台山	81			

#### 2.1.4 系统程序设计及实现基本原理

系统以结构程序设计为主要思想,通过对实体模型的分解,建立分级结构,采用逐步求精的设计方法。同时,也运用模块化程序设计及自顶向下程序中的许多要素,系统以 Foxpro 2.5 为开发语言(图 4)。

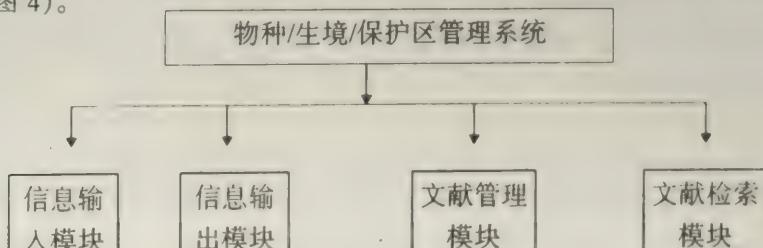


图 4 系统的模块组织

表 6 物种保护数据库的主要信息项

物种信息	保护区信息	生境信息	调查信息	文献信息
分类信息	名称	生境类型	调查地名	作者
中文名	生物地理分布区	生物地理分布区	调查时间	时间
学名	行政区	行政区	调查物种	题目
生物分布区信息	公布日期	原有面积	样地面积	页号
生境信息	海拔高度范围	现存面积	生境类型	出版物
垂直分布范围	经纬度范围	列入保护面积	调查方法	出版社
分布行政地区	保护区级别		调查数量	关键词
红皮书状态*	保护理由		雄性数量	文献号
贸易公约**	主要威胁		雌性数量	
保护动物否	物种名录		密度	
保护级别	总面积		经纬度	
资源状况	生境类型及其面积		海拔高度	
主要威胁	是否为人为与生物圈保护区	天气状况		
单位体重	是否为世界遗迹地		单位体重	
主要参考文献	年投入及人员、建筑等	生物量		
	管理计划完成否		调查人单位	

\* 指“1994 IUCN 红皮书”中的物种濒危级别；

\*\* 指物种是否列入“濒危野生动植物种国际贸易公约”中

## 2.2 系统功能

本系统具有信息输入、信息输出、文献管理和基本维护管理等功能，操作全部采用汉字菜单，下面重点介绍系统的输出项目和内容：

①物种信息摘要：特定物种的地理分布（行政区、分布区及保护区）、生境和物种的受威胁状况及保护等级；②保护区信息：地理位置（省、县市及分布区）、经纬度及海拔高度范围，保护区级别、类型、管理部门、保护理由、总面积及各种生境类型及面积，保护区内有记载的物种名录（包括全部物种、濒危物种、保护物种等）；③分布区信息：列出其生境概况，该分布区的物种名录和保护区建立情况信息；④行政区（省或自治区）信息：某省（自治区）的生境概况和列出该省（自治区）的物种名录和保护区建立情况；⑤国家信息：某国家的生境概要，列出该国家的物种名录和保护区情况，并按不同等级及管理部门进行统计；⑥文献检索：显示全部文献目录或按年代、作者、出版社、关键字检索出相应的文献；⑦交易信息：按物种、经营者、省（自治区）和年代显示出交易信息；⑧调查信息：按物种、保护区、调查地点、调查方法、调查时间和调查部门显示某次的调查活动及物种现状等；⑨按中国动物地理区划（张荣祖，1959）的大区或亚区输出物种分布信息；显示出某大区或亚区有记载的物种名录及参考文献等信息。

## 2.3 已建立的物种、生境、保护区数据库

用 CMASS 2.0 建立的物种、生境、保护区信息库主要有：

### 2.3.1 中国自然保护区信息库

汇总了我国截止到 1994 年底公布的七百多个自然保护区，（其中包括人与生物圈保护区 10 处、世界遗迹地 14 处）（表 7）。

### 2.3.2 物种信息库

已建立了 12 个动物物种信息库（表 8），分别按动物类群或地区建立，各有特点。各个库基本上都完成了前面述及的数据项（表 6），如物种的地理分布和栖息生境等。对各个库中涉及到的国家重点保护动物、国际自然与自然保护联盟（IUCN 1994）红皮书和濒危野生动植物种国际贸易公约（CITES）列入的濒危物种都作了注明（表 8）。

表 7 中国自然保护区分省概况(按保护区数目多少排列)\*

省(自治区)	管理等级 <sup>b</sup>				保护区数 <sup>a</sup>	MAB <sup>c</sup>
	1	2	3	4		
云南	6	36	35	19	96	1
海南	5	24	5	39	73	
广西	5	55	0	8	68	
黑龙江	5	14	2	3	64	
湖南	4	19	0	22	45	
广东	5	18	4	9	36	1
辽宁	5	7	10	20	42	
山东	3	5	5	9	22	
吉林	3	10	13	7	33	1
贵州	4	1	2	22	29	1
甘肃	4	24	1	3	32	
四川	6	13	6	8	33	1
江西	1	9	1	15	26	1
河南	1	12	1	3	17	
青海	1	2	2	0	5	
新疆	3	17	0	1	21	1
内蒙古	4	4	1	4	13	1
湖北	3	8	2	10	23	1
江苏	1	7	0	10	18	
福建	3	11	2	4	20	1
安徽	3	7	0	0	10	
浙江	4	4	0	5	13	
西藏	2	11	0	0	13	
陕西	4	3	0	4	11	
宁夏	3	2	1	2	11	
山西	2	9	0	2	13	
河北	2	1	1	1	5	
北京	1	1	0	0	5	
天津	2	2	0	0	4	
上海	0	1	0	0	1	
总计	95	337	94	270	796	10

注:a除表中数据外,我国台湾有自然保护区57处(面积约4700 km<sup>2</sup>),香港有自然保护区1处(面积约3 km<sup>2</sup>);b国内自然保护等级:1:国家级,2:省级,3:地区(州)级,4:县级;MAB<sup>c</sup>:人与生物圈自然保护区

表 8 物种信息库的建库简况

\* 1994 年 IUCN 物种濒危红皮书等级: E: 濒危种, V: 近危种, I: 未定种, R: 稀有种, K: 不明种, T: 受威胁种; \*\* 列入濒危野生动植物国际保护贸易公约 (CITES) 中的濒危物种; [1] 国家重点保护动物库; [2] 受濒危的中国物种库; [3] 中国兽类库; [4] 中国鸟类库; [5] 中国两栖类库; [6] 中国爬行类库; [7] 云南兽类库; [8] 云南鸟类库; [9] 云南两栖类库; [10] 高黎贡山地区兽类库; [11] 高黎贡山地区鸟类库; [12] 高黎贡山地区两栖、爬行类库

### 2.3.3 保护区物种信息库

收集、录入了部分自然保护区公开发表的物种名录(表 5),由于我国自然资源的本底调查不足,目前这方面的资料很缺乏。

## 3 结束语

利用《脊椎动物标本资源信息管理系统》和《中文物种、生境和保护区管理信息系统软件包(CMASS 2.0)》对生物多样性信息进行管理的初步工作对促进我所科研工作的系统化和管理科学化起到了极大的推动作用。但系统在设计和程序运行中肯定仍有不足的地方,所管理的生物多样性信息也需随着工作的进一步深入和保护生物学本身的发展而不断改进和完善。利用现有数据库的工作基础,我们已开展了初步的 GIS 制图工作,随着这一工作的进一步展开,生物多样性信息管理和应用工作将得到极大的推进。

## 参 考 文 献

- 牢山自然保护区综合考察团编. 1988. 哀牢山自然保护区综合考察报告集. 昆明: 云南民族出版社, 1-285
- 福建师范大学生物学系. 1974. 福建的蛇类. 1-93
- 高武, 陈卫, 傅必谦, 王彩华. 1994. 北京脊椎动物检索表. 北京: 北京出版社, 1-390
- 广西动物学会. 1988. 广西陆栖脊椎动物分布名录. 南宁: 广西师范大学出版社, 1-11
- 贵州省环境保护局等编. 1990. 六盘水野钟黑叶猴自然保护区科学考察集. 贵阳: 贵州民族出版社, 161-166
- 贵州省环境保护局等编. 1990. 六盘水野钟黑叶猴自然保护区科学考察集. 贵阳: 贵州民族出版社, 137-147
- 贵州省林业厅, 梵净山自然保护区管理处等. 1994. 麻阳河黑叶猴自然保护区科学考察集. 贵阳: 贵州民族出版社, 67-70
- 贵州省林业厅. 1987. 茂兰喀斯特森林科学考察集. 贵阳: 贵州人民出版社, 316-330
- 贵州省黔东南苗族侗族自治州人民政府编写. 1989. 雷公山自然保护区科学考察集. 贵阳: 贵州民族出版社, 401-417
- 何远辉, 朱建国. 1996. 中国兽类资源数据库管理信息系统的建立与应用. 兽类学报. 16(3): 222-229
- 何远辉, 朱建国. 1997. 脊椎动物标本资源管理系统的研制及应用. 生物多样性. 5(1): 54-60
- 何远辉, 朱建国. 1997. 鱼类资源信息源管理系统的建立及应用. 生物多样性. 5(2)
- 黑龙江野生动物研究所编. 1992. 黑龙江省鸟类志. 北京: 中国林业出版社, 12-29
- 长春梅主编. 1993. 龙栖山动物. 北京: 中国林业出版社, 1-1130
- 黄正一, 周满章等. 1991. 上海地区的国家保护动物. 上海: 复旦大学出版社, 1-142
- 李景熙. 1994. 牛母林自然保护区物种多样性初探. 生物多样性. 2(4): 240-243
- 刘宝和. 1989. 九龙山两栖动物初步调查报告. 动物学杂志, 24(5): 17-19
- 彭燕章, 杨德华, 匡邦郁. 1980. 云南鸟类名录. 昆明: 云南科技出版社, 1-477
- 《四川资源动物志》编辑委员会. 1984. 四川动物资源志. 2 卷. 成都: 四川科学出版社, 91-142
- 宋大祥. 1994. 西南武陵山地区动物资源和评价. 北京: 科学出版社, 177-183
- 宋朝枢主编. 1994. 鸡公山自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 256-261
- 宋朝枢主编. 1994. 宝天曼自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1-308
- 宋朝枢主编. 1994. 伏牛山自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 227-231
- 宋鸣涛. 1987. 陕西两栖动物区系研究. 动物学杂志. 22(5): 11-13
- 王香亭主编. 1991. 甘肃脊椎动物志. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1-1293
- 卧龙自然保护区, 四川师范学院等编. 1992. 卧龙自然保护区动植物资源及保护. 成都: 四川科学技术出版社, 295-298
- 吴至康等. 1986. 贵州鸟类志. 贵阳: 贵州人民出版社, 1-454
- 西南林学院等主编. 1995. 高黎贡山国家自然保护区. 北京: 中国林业出版社, 1-395

- 西双版纳自然保护区综合考察团. 1987. 西双版纳自然保护区综合考察报告集. 昆明: 云南科技出版社, 1 - 541.
- 杨大同等. 1991. 云南两栖类志. 北京: 中国林业出版社, 1 - 258.
- 杨岚等. 1995. 云南鸟类志(上卷, 非雀形目). 昆明: 云南科技出版社, 1 - 634.
- 尹秉高, 刘务林. 1993. 西藏珍稀野生动物与保护. 北京: 中国林业出版社, 157 - 178.
- 云南省地方病防治办公室, 云南省卫生防疫站. 1989. 云南医学动物名录. 昆明: 云南科技出版社, 179 - 229.
- 云南省地方志编纂委员会. 1989. 云南省志(卷六, 动物志). 昆明: 云南人民出版社, 297 - 384.
- 云南省无量山自然保护区管理所. 1994. 昆明: 云南省无量山自然保护区科学考察报告. 129 - 134.
- 赵尔宓主编. 1995. 中国两栖动物地理区划[蛇蛙研究丛书(八)]. 四川动物. 增刊. 1 - 170.
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队唐蟾珠主编. 1996. 横断山区鸟类. 北京: 科学出版社, 1 - 544.
- 中国林业科学研究院等编. 1995. 海南岛尖峰岭地区生物物种名录. 北京: 中国林业出版社, 1 - 169.
- 朱建国, 何远辉, 季维智. 1994. 物种保护管理系统的开发应用. 生物多样性. 2(2): 82 - 87.
- 朱兆泉, 胡振林, 贺德贵. 1991. 神农架自然保护区两栖爬行动物初步调查. 动物学杂志. 26(5): 48 - 49.
- Robert S. Hoffmann. 1996. A research information system for mammals with Palaearctic examples. *Bonn. Zool. Beitr.* 46(1 - 4): 15 - 32.
- Zhu Jianguo, He Yuanhui, Ji Weizhi. 1995. The biodiversity databases in the Conservation Biology Center of KIZ. In: Weizhi Ji and Alan Rabinowitz (ed.). *Proceedings for the Workshop of Trans-boundary Biodiversity Conservation in the Eastern Himalayas*. 30 - 38.

## THE ESTABLISHMENT OF BIODIVERSITY INFORMATION DATABASE MANAGEMENT SYSTEM AND ITS APPLICATION

Zhu Jianguo, He Yuanhui

(Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

This paper introduced the "Vertebrate Specimen Database Management System" developed by ourselves, and the revised Chinese version of MASS (Species, Habitat and Nature Reserves Monitoring System), which we used for managing biodiversity information. We described the significance, the scheme goal, system structure, data models, output items and other characteristics of the two systems. Databases and the main information contained in these two systems have also been introduced, such as 80% of the vertebrate specimens stored in Kunming Institute of Zoology, Nature Reserves of China, Vertebrate Species Checklist of China, and Vertebrate Species Distribution Checklist.

**Key words:** Vertebrate, Biodiversity information, Specimen, Database management system, Nature Reserve

# 基于 GIS 的生物多样性信息系统的建设

王斌<sup>1</sup> 陈清明<sup>2</sup> 陆健健<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>华东师范大学河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

(<sup>2</sup>华东师范大学地理系, 上海 200062)

**摘要** 设计实用有效的生物多样性信息系统对于合理保护和持续利用我国的生物多样性资源具有重要意义,本文分析了目前我国生物多样性信息系统的研究现状及其问题,提出了开发以微机为平台,具备一定分析管理功能的生物多样性信息系统设想。进而对生物多样性信息系统进行了分析,并以上海地区生物多样性数据作为研究实例,设计开发了一套基于地理信息系统(GIS)的生物多样性信息系统。它综合了数据库管理系统、管理信息系统、地理信息系统、多媒体等技术手段,对多种形式的生物多样性数据进行处理,在实现数据管理的基础上,还提供了实用的数学模型与空间分析功能以及工具模块,从而为生物多样性的分析研究和管理决策提供完善的服务。本文最后指出了该系统的特色、应用价值及有待改进的方面,并提出今后生物多样性信息系统设计的发展方向。

**关键词** 生物多样性信息系统设计 地理信息系统(GIS) 数据库管理系统 数学模型

## 1 引言

生物多样性是多样化的生命实体群的特征,它包括所有植物、动物和微生物物种及所有的生态系统及其形成过程(马克平,1993),即基因多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次。生物多样性的物质表现是生物资源,它们具有现实或潜在的价值,是人类可持续发展的重要物质基础和实现条件(王斌,1996)。我国具有丰富而独具特色的生物多样性资源,然而,不合理的资源开发活动以及环境污染,已使我国不同层次的生物资源都蒙受严重损失。因此,如何保护和持续利用我国的生物多样性资源,已引起广泛重视。

本研究拟探索地理信息系统(GIS)技术用于生物多样性信息研究分析与资源管理的途径,设计开发了基于 GIS 的生物多样性信息系统。

## 2 建设基于微机平台的生物多样性信息系统的必要性

长期以来,我国已经积累大量有价值的生物多样性基础信息,但是这些信息还存在各种各样的问题,使其无法有效地集中和协调起来,为生物多样性的保护和持续利用服务。

### 2.1 现有生物多样性信息系统数据的局限性

当前,许多部门和地区都在建设自身的资源环境信息系统,其中有许多都涉及到生物多样性的数据,但是各系统的数据内容一般不为外界所知,数据质量也不平衡,而且也没有统一的数据格式与标准及质量控制规范,结果导致各系统之间无法进行有效数据交换及共享。此外,各个应用系统一般无法及时准确地更新数据,使得系统数据只是对历史情况的反映,难以表现最新变化的情况,不符合管理与决策对实时数据的要求。最后,许多生物多样性信息还停留在表面的数据收集上,缺乏对数据更深层次的模型分析。

### 2.2 现有生物多样性信息系统技术条件的不足

目前,由于技术或方法的限制,现有的一些基于微机平台的生物多样性信息系统有的只涉

及个别生物分类等级,而无法代表生物多样性的总体;有的则单方面侧重管理信息系统或地理信息系统,而没有将这两者有机结合,且缺乏实用的功能支持,这样的系统只能部分地实现生物多样性信息处理功能。国家有关部委已经或正在建设之中的生物多样性信息和监测网络(表 1),虽然能够提供全国范围内有关生物多样性的信息交流,但是由于其运行的软硬件平台价格昂贵,且侧重提供信息查询检索功能,而缺乏基层单位管理及研究人员在实际工作中需要的管理决策功能。所以,开发以微机为平台的,具备一定模型和管理模块的生物多样性信息系统已成为当务之急。

表 1 已经或正在建立的国家部委有关生物多样性信息及监测网络

单位	网络名称	信息内容
林业部	森林资源监测中心	森林和野生动物
农业部	农业环境监测网络	农业生态环境
农业部	农作物遗传信息数据库	作物种质资源
国家环保局	全国环境污染监测网	环境污染及生态环境
中国科学院	中国生态研究网络	生态环境与资源研究
中国科学院	生物多样性研究和信息管理	生物多样性信息
国家海洋局	海洋生态信息网	海洋生态环境
国家海洋局	海洋生物多样性信息中心	海洋生物多样性资源

### 2.3 微机用户的生物多样性信息系统

本文以上海地区生物多样性作为研究实例,设计开发了一套实用的基于 GIS 的生物多样性信息系统。该系统结合了数据库管理系统、管理信息系统、地理信息系统及多媒体技术等手段,以基层单位为用户对象,微机软硬件平台为基础,从而可以对空间数据、属性数据及多媒体数据等各种形式的生物多样性数据进行分析处理。该系统在实现基本的数据管理基础上,还提供了实用的数学模型与空间分析功能,以及一些工具模块,这些功能通过友好的界面提供给用户,从而为生物多样性的分析研究和管理决策提供完善的服务。

## 3 生物多样性信息系统的技术条件及系统分析

建设生物多样性信息系统不仅需要完善的基础数据,而且还需要先进的计算机软硬件系统,目前用得最多的技术手段有数据库管理系统(DBMS)、地理信息系统(GIS)、多媒体以及网络等(表 2)。同时还需要全面分析生物多样性信息的来源及结构,并对这些数据进行分析与处理的过程,进一步联系用户对该系统的要求,从而明确系统设计的基础和依据。

表 2 生物多样性信息系统常用技术手段及其功能

数据库技术	决策支持系统	地理信息系统	专家系统	多媒体技术	网络技术
属性数据操作	分析与决策	空间数据分析	知识与智能	视频音频信息	数据传输共享

### 3.1 属性数据库及其管理技术

数据库技术用来对生物多样性的属性数据进行输入输出、存储管理、组织分类以及检索统计等操作。在此基础上,还可以对生物多样性数据结合以各种分析模型、查询汇总等,从而完成生物多样性管理决策所需信息的收集整理、分析评价,在一定程度上辅助决策。

### 3.2 空间数据库及其管理技术

上述数据库技术方法主要针对属性数据,而生物多样性,特别是生态系统多样性和物种多样性,都存在着复杂的空间结构与动态分布。GIS 以空间数据为基础,采用空间分析方法对各种空间现象进行处理,从而给生物多样性空间信息管理提供高效的决策支持。

### 3.3 多媒体与网络支持技术

除上述外,生物多样性还有许多其他信息形式,例如图像、声频与视频等,迅速发展的多媒体技术恰好为处理这些信息提供了强大的工具。生物多样性信息来源广泛,如果要有效地实现数据的集成与共享,必需建立一个开放的、可扩展的信息系统,因此生物多样性信息系统的建设应具有良好的网络接口。

### 3.4 数据的分析及处理

传统的生物多样性信息以纸张档案及地图等形式保存,信息分析及处理也是以手工方式及定性分析为主,这些方式已不能适应处理分析大批量数据的要求。因此,生物多样性信息系统的设计应充分考虑上述情况,将属性数据与空间数据有机结合,附以多媒体及网络支持,使用户可以通过简易的查询分析手段得到日常工作中所需的各类信息(文字、地图及图像等),结合生物多样性数学模型与空间分析模型,还可得到关于生物多样性的定量分析结果。

### 3.5 用户要求

适用于基层自然保护管理部门(如省市级环保局、林业局及自然保护区等),以及自然博物馆、民间自然保护组织等单位管理人员使用的生物多样性信息系统,应满足其以微机软硬件平台为主的日常管理决策的工作需求。所以,系统应具备友好的用户界面,使那些对计算机技术不甚了解的人员也能简便迅速地学习使用。此外,系统还能提供生动直观的多媒体效果,以及各种报表、图像和地图输出功能。最后,系统设计还应考虑生物种属检索表、有关生物多样性的文本资料检索等实用功能。对于地方科研院所的研究教学人员,信息系统还应进一步提供某些数学模型分析功能,以满足其研究教学的需要。

## 4 上海地区生物多样性信息系统软件设计

我们选取上海地区湿地的生物多样性资源作研究实例,其地域范围主要从崇明东滩至奉贤滩涂,面积约 40000 hm<sup>2</sup>。该地区生态环境复杂,包括淡水湖泊、微咸水沼泽及潮间带滩涂等多种湿地类型,生物多样性资源非常丰富,特别是每年有一百多种迁徙鸟类在此地越冬或作为迁徙途中的驿站受到国内外自然保护工作者的关注(陆健健,1988)。另一方面,上海地区高强度的经济开发,常常改变许多珍稀物种的栖息地。因此,建立上海地区湿地生物多样性信息系统,可对其生物多样性资源管理起到重要作用。

表 3 属性数据内容分类

自然及社会环境	生态系统多样性	物种多样性	自然保护	参考文本
土壤	名称	中文及拉丁名	利用模式	国家法规
气候	生态系统等级	分布	开发强度	国际公约
地质地貌	分布	数量	资源丰富度	描述性文本
流域特征	面积	分类学	管理方式	管理文件
环境污染	植物群落	等级指标		参考文献
人口数量	景观	受威胁程度		
资源利用	动植物区系	相对重要性		
土地利用	现状及趋势	意义及价值		

### 4.1 信息系统数据库的建立

信息系统的数据来源于我们多年来对上海生物资源的调查研究,及有关历史资料(陆健健,1988,1990,1996a,1996b;Lu, J., 1996;上海市海岸带和海涂资源调查组,1987)。以物种多样性信息为例,我们参考了世界自然保护监测中心(WCMC)有关世界生物多样性信息的中央贮存库中物种数据的内容(麦克尼利,1991),并结合本地区生物多样性的特色,以及系统

设计的需要,制定了物种多样性基础数据的内容与格式,其他项目的生物多样性属性数据库也用类似的形式存储在 Foxpro 数据库软件中(表 3)。原型系统约包含物种记录 1000 条,景观生态及生物群落记录近百条,每条记录约含 10 个字段。

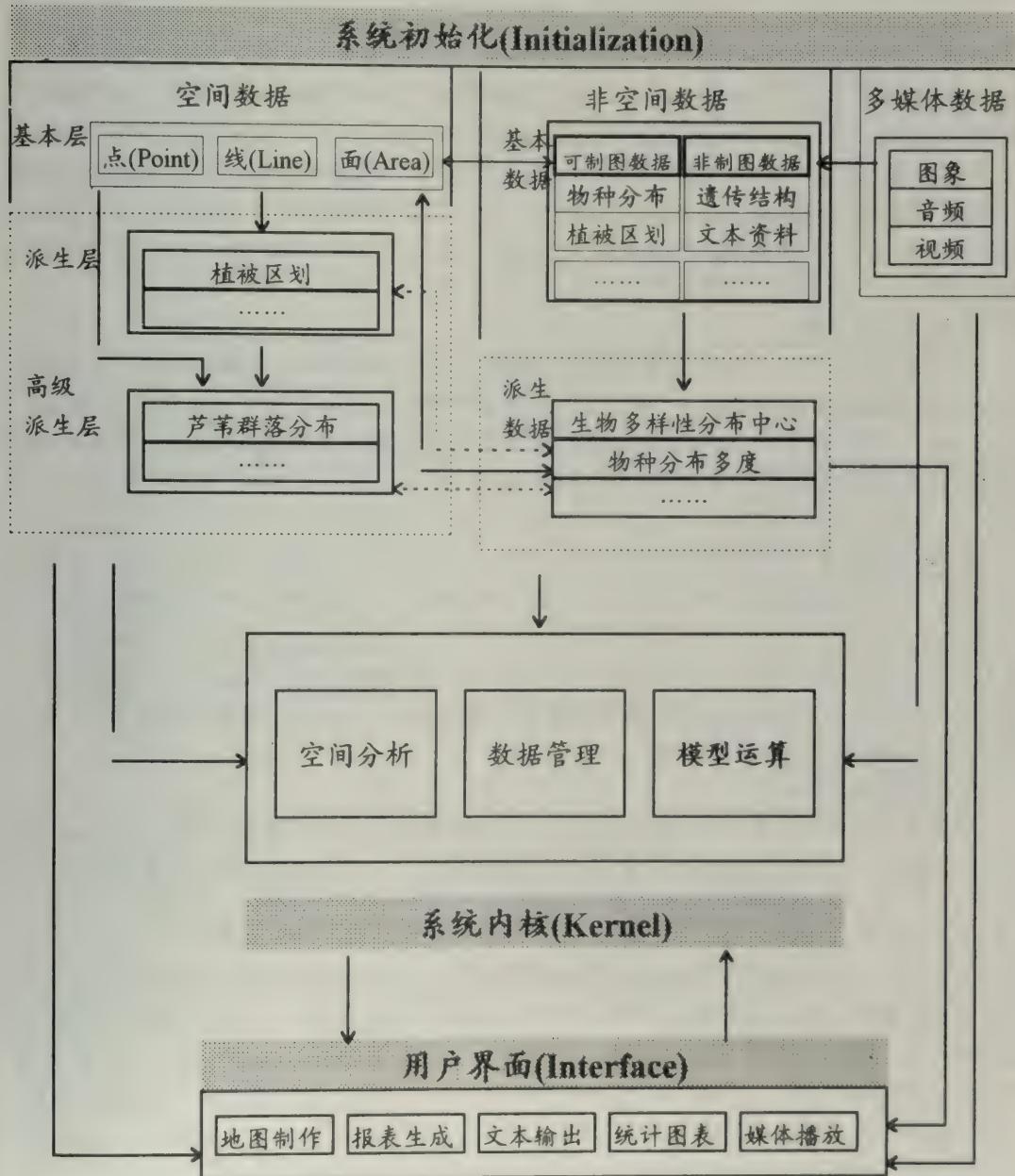


图 1 系统逻辑结构

空间数据主要依据上海地区自然环境、社会人文、农业水产及生物资源的分布与区划图,其底图为 1:450000 上海行政区划图,将它们通过 MapInfo 软件进行数字化,转换成空间数据文件。多媒体数据主要是图像、音频与视频数据。图像包括自然生态环境及生物物种等各种照片以及航空与卫星遥感影像,经图像处理软件如 PhotoStyler 等处理修饰后以 \*.BMP 格式

存储,共约 200 幅图像。音频信号如动物的鸣叫声等,采用 \*.WAV 格式存储,视频信号经视频压缩后以 \*.MPG 格式存储,通过 Media Player 软解压设备播放,可播放近 6 分钟。

#### 4.2 信息系统的逻辑结构

系统的逻辑结构设计是系统功能实现的关键。基于生物多样性研究的特点和目前的条件,选用基于公共接口模块的共连方式进行系统集成,其结构如图 1 所示,本系统包括三个层次:系统初始化、系统内核和用户界面,它们之间存在着直接或间接的相互作用。生物多样性数据经初始化后存储在数据库或文件中,用户通过系统界面,由系统内核实现对数据的各种操作,不同类型的数据通过唯一的标识码(ID)实现联接,同一数据类型的不同层次内容之间通过结构化查询语言(SQL)生成。对于网络实现,可将原型系统数据库中的数据分布式地存放在服务器上,客户机与服务器之间通过开放数据库连接(ODBC)方式相连,用户只需运行客户端口程序。

#### 4.3 信息系统的实现

本生物多样性信息系统的原型系统的实施集成了当前信息技术的最新成果,它运行于 Windows'95 加挂中文之星 2.5+ 的平台上。数据库软件为 Foxpro 2.5, GIS 软件为 MapInfo Professional, 开发工具为 Delphi 2.0, 软件之间使用面向对象技术混合编程实现。对于属性数据库的管理,通过 Delphi 的数据库引擎(BDE)来实现,而空间数据管理、查询和分析则通过 MapInfo 实现。

系统运行时,建立动态数据交换(DDE),用户通过 Delphi 应用程序的交互式界面(即客户机(DDE Client))发出请求,MapInfo(即服务器(DDE Server))响应请求,对空间数据库进行操作,得到用户所需的数据,并将其返回到前台用户界面中。模型运算通过 Delphi 实现,模型运算允许用户交互式输入参数,得到模型运算结果。对于涉及到空间分布的模型运算,则通过动态数据交换对话,由 Delphi 应用程序实现属性数据运算,而 MapInfo 实现空间运算,并通过 MapInfo 将运算结果以地图形式输出。

#### 4.4 信息系统的硬件配置

原型系统的硬件设备主要包括 Pentium 100/16M 内存的个人计算机,以及 HP LaserJet 4 激光打印机;照片图象扫描采用 A4 幅面的 HP ScanJet II-X 彩色扫描仪进行;地图采用 CalComp DrawingBoard 3 数字化仪手扶数字化进行。

#### 4.5 信息系统的功能

上海地区生物多样性信息系统提供各种强大的功能,以尽力满足用户在生物多样性研究与管理中的需求。系统的功能如图 2 所示,它首先包括一些基本的功能,诸如查询、统计以及报表输出等,从图中可以看出,这些功能还可以进一步细分为许多较详细的功能。此外,该系统还包括数据维护功能,即数据的动态更新和在线录入等。在上述各种基本功能的基础上,本系统可以进一步完成许多生物多样性研究与管理的实用功能,这些功能主要依据生态学和生物多样性的一些基本知识与原理,通过各种编程实现,可以分为空间分析功能,数学模型分析,综合评价以及实用工具等。

空间分析主要包括鉴别重要地区单一图,如环境背景图、湿地面积变化、野生动物迁徙带及其缓冲区、生态敏感区域及脆弱带分级分布、生物多样性指标分级及生物多样性分布中心图、自然保护区分布及面积变化、生态环境保护空白区域等等。

数学模型主要是一些生物多样性资源及生态环境模型分析,包括多样性指数模型运算(指

数与指数)、分布面积变化计算、围垦开发变化趋势等。还有诸如以下内容的分析计算,水产及捕捞量;自然保护区变化趋势,气候及环境变化影响等。用户还可以通过交互界面输入生物多样性数据或选择参数进行模型运算,最后对生物多样性资源作出评价,以达到管理决策支持的目的。



图 2 系统功能结构

在以上空间及数学模型分析的基础上,本系统还提供了生态环境及生物多样性影响综合评价功能,它主要依据于清单法、矩阵法及叠置法三种综合评价方法(约翰·劳,1986),分别通过查询和计算,以及空间叠置等方式,将各种生态环境及生物多样性特征参数与人类特定的资源开发行为相关联,得出其对生态环境与生物多样性影响的综合评价。最后,实用工具包括生物种的种属检索表、专业名词解释、参考文献、生物多样性研究与保护的法规文件、保护政策及国际公约等文本文献。

## 5 结论与展望

上海地区生物多样性信息系统是基于微机平台的实用系统,适用于基层单位及研究人员。该系统集成数据库管理系统、GIS 以及多媒体等多种技术,建立了综合的生物多样性信息管理系统。此外,该系统还提供了实用数学模型和空间分析工具,以满足实际工作中所需的研究管理及辅助决策功能,从而为生物多样性资源的保护研究与持续利用提供完善服务。

在系统设计与实现过程同时,如何充分地利用各种数据源,特别是利用遥感数据等,来及时更新系统数据,保证系统的可靠性与时效性,并进一步实现有关生物多样性的实时动态监

测,将是今后的重点研究方向。此外,如何更有效地将模型运算与空间数据结合,如何将人工智能、模糊逻辑等技术手段集成到系统中,以及复杂数学模型,如多元统计分析、系统动力学、模糊数学模型及多层分析(AHP)方法等数学模型和空间分析集成到系统中,建立一个智能化的决策支持系统或专家系统,并能与全国范围的生物多样性信息网络合理联接,以满足用户研究与管理生物多样性资源的更高需求,将是有待进一步研究与改进之处。

### 参 考 文 献

- 陆健健等. 1988. 东海北部沿海越冬杓鹬群落的初步研究. 生态学杂志. 6: 19-23
- 陆健健. 1990. 中国湿地. 上海:华东师范大学出版社, 58-63
- 陆健健. 1996a. 中国滨海湿地的分类. 环境导报. (1): 1-2
- 陆健健. 1996b. 我国滨海湿地的功能. 环境导报. (1): 41-42
- 马克平. 1993. 试论生物多样性的概念. 生物多样性. 1(1):20-22
- 麦克尼利等著. 1990. 薛达元等译. 1991. 保护世界的生物多样性. 北京:中国环境科学出版社, 43-96
- 上海市海岸带和海涂资源调查组. 1987. 上海市海岸带和海涂资源调查报告. 上海:上海科学技术文献出版社, 6-89
- 王斌. 1996. 生物多样性与人类可持续发展. 中国人口·资源与环境. 6(2): 8-10
- 约翰·劳等著. 1984. 萧振宣等译. 1986. 环境影响分析手册. 北京:北京科学技术出版社, 459-522
- Lu, J. 1996. The status and conservation needs of Anatidae and their habitat in China. 见中国鸟类学会等(主编). 中国鸟类学研究. 北京:中国林业出版社, 129-142

## THE DESIGN OF A GIS - BASED INFORMATION SYSTEM FOR BIODIVERSITY

Wang Bin<sup>1</sup>, Chen Qingming<sup>2</sup>, Lu Jianjian<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062)

(<sup>2</sup>Department of Geography, East China Normal University, Shanghai 200062)

To develop a functional and effective information system is very important for conservation and sustainable use of biodiversity. Based on an analysis of the status and problems of information systems for biodiversity in our country, it is considered necessary to develop an information system for biodiversity which has some analysis models and management functions based on PC platform. An information system was designed based on the case study, which uses the data of biodiversity from Changjiang estuary in Shanghai area. The imformation system synthesized the DataBase Management System (DBMS), Geographical Information System (GIS) and MultiMedia so that it could process the varied data forms of biodiversity. On the basis of basic data management, the system provided the practical mathematical models and spatial analysis functions. Therefore, it could offer perfect services for analysis research and management decision for biodiversity resource. Finally, some aspects of the system were discussed such as the application value and the points remained to be improved. The development direction of information system for biodiversity in the future was pionted out.

**Key words:** Design of information system for biodiversity, Geographical information system (GIS), Database management syetem (DBMS), Mathematical model

# 中国农作物遗传多样性信息管理系统

张贤珍 曹永生 白建军

(中国农业科学院作物品种资源研究所,北京 100081)

**摘要** 本文主要阐述农作物遗传多样性的重要性,国家种质库(圃)种质存贮的状况和数据采集、规范、基础数据库及信息管理系统的观点和功能。

**关键词** 农作物 遗传多样性 数据库 信息管理系统

农作物遗传多样性是植物遗传多样性的重要组成部分,是人类食物、药物和工业原料等作物改进的基因来源。它涉及粮食、纤维、油料、糖料、饲料、绿肥、蔬菜、果树、药材、花卉,及其他一切栽培植物过去和现在的栽培品种,野生亲缘植物以及遗传材料。据初步统计,我国栽培的作物有600种,其中粮食作物30多种、经济作物约70种,果树约110多种,蔬菜120余种,牧草约50种,绿肥约20种,花卉130余种,主要栽培药材约50余种。各种作物的品种总数已达到35万份。起源于我国的作物约有200余种,它们具有丰富的野生种和野生亲缘植物,已受到全世界的瞩目。

通过“七五”和“八五”的两个五年计划的科技攻关,我国对已收集的35万份作物种质资源进行农艺性状、品质、抗逆、抗病初步鉴定评价,并繁殖更新入库或入圃长期保存。凡以种子保存均贮存在中国农业科学院国家长期种质库(-18℃)和青海西宁国家复份种质库(-10℃)内。凡以种茎、块根和植株保存的均建立国家种质圃保存。现已建立了31个多年生和无性繁殖作物的种质圃,2个试管苗库。目前入库保存的种质是利用低温干燥的人工环境,使其个体在所生存的环境中保持其遗传完整性(genetic integrity),有高的活力(vigor),能通过繁殖将其遗传性传递下去。

入库和入圃保存的每一份种质都拥有一份有价值的数据,这些数据由“七五”和“八五”参加攻关的相应作物的专题主持单位,按照全国要求,提供给国家种质资源信息中心。以此数据为基础,建立了农作物遗传多样性信息管理系统。下面着重介绍国家农作物遗传多样性数据采集、规范、基础数据库及信息管理系统的观点和功能。

## 1 农作物遗传多样性数据的采集和规范

### 1.1 数据采集

“七五”和“八五”凡是提供给国家种质资源信息中心的各种作物特性评价数据,都是在国家统一规划下,有组织的在全国范围内进行的。鉴定的项目是依其重要性,专家评审后确定的。鉴定的方法和技术是在对国内外多种鉴定方法对比分析的基础上,征求国内有关学术权威专家意见而统一的。在组织实施时,对承担各种作物的评价鉴定单位都有明确的职责要求,规定了计划任务和考核目标。每年主持单位都要到现场考察、总结检查,及时解决出现的技术问题。因此我国农作物遗传资源多样性评价鉴定数据的采集工作是十分严肃认真的,数据是准确可信的。

#### 1.1.1 作物植物学形态和农艺性状评价鉴定数据

植物学形态和农艺性状是农作物的基本性状。目前提供给国家的是在原产地或相适应的

生态区 23 年的观察值,即要求农艺性状的数据要在正常生长情况下取得的,并以农艺性状为基础,汇编成各种作物的全国种质资源目录,作为国家种质库长期库的名录,凡未编入目录者一律不得存入国家种质资源数据库。

### 1.1.2 作物品质鉴定的数据

品质鉴定是由省农科院作物品质分析中心按统一规定分析方法进行的。鉴定的项目是以作物基本营养成分为主,例如,水稻、小麦、玉米、高粱、谷子、大豆、食用豆等主要作物分析了粗蛋白、粗脂肪、总淀粉、赖氨酸,部分作物还分析了 19 种氨基酸。还有非营养成分和加工品质,例如水稻分析了糊化温度、胶稠度,小麦分析了沉淀值和硬度,大麦分析了全粉浸出物、糖化力、水敏性等。

### 1.1.3 作物抗逆性鉴定数据

病虫害是农作物生产的一个重要的威胁因素。规定各单位在统一的菌种、虫源、接种方法的条件下,对常见病害进行鉴定。例如水稻鉴定苗瘟、白背飞虱、褐稻虱、纹枯病、稻瘿蚊。小麦鉴定条锈、秆锈、叶锈、白粉病、黄矮病、赤霉病。玉米鉴定大斑病、小斑病、矮花叶病等。

数据采集主要是由我国省级农业科学研究院和中国农业科学院属各种作物的研究所在统一目标任务下,用统一的鉴定技术与方法,由统一组织系统承担实施的。这充分显示了我国农作物遗传资源多样性数据采集已建立了全国性的网络,进入了国家管理阶段。

## 1.2 数据规范化处理

考虑到数据库总体结构在相当长时期内具有完整性、准确性、稳定性和先进性,数据的描述体系必须规范化、标准化,它既要忠实而又科学地处理我国农业科学工作者辛勤劳动积累的大量原始资料,又要积极地向国际组织制定的标准靠近。因此我们建立数据库之前,综合分析了数十万份农作物的评价资料,参考了国际植物遗传资源委员会 (IPBGR) 公布的作物描述符表 (Descriptors list),研究了国内外作物种质资源数据录入格式、数据库系统的设计的方法、原理、工作流程和运行环境。在此基础上研究制定了我国农作物品种资源信息处理规范。这部规范包括四大部分,第一部分为农作物数据库及数据结构规范,它用简洁明晰的计算机语言和代码确切地反映各种农作物基本属性、鉴定项目及其数据结构。代码层次清楚,排列有序;第二部分为计算机录入标准和代码说明;第三部分为字段名和代码的中英文对照表;第四部分是录入标准及代码的英文说明。这套规范具有中英文两种版本,以便于国际种质信息交流,“七五”和“八五”期间我们就是按这套规范处理农作物遗传资源多样性数据。

## 2 国家农作物遗传多样性信息系统

“七五”和“八五”期间,通过全国 12 个单位的联合攻关,现已建成了 160 种作物 33 万份种质信息、2000 万个数据项值国家农作物遗传多样性信息系统。该系统包括 7 个基础数据库,8 个功能模块,系统是以 C 语言和 Foxpro 联合编程实现的。

### 2.1 基础数据库

#### 2.1.1 国家种质库管理数据库

该库拥有 141 种作物 30.65 万份种质,其中大田作物 59 种 28.25 万份种质,蔬菜 82 种作物 2.4 万份种质。它包括种子入库登记、清选、发芽、干燥、包装、入库过程中的各类信息。这些信息有助于国家种质库的管理和种子生活力监测,以便有计划地进行繁殖更新,也是对种子保存的农作物遗传多样性进行保护的重要信息。

### 2.1.2 国家青海复份种质库管理数据库

该库拥有 141 种作物 30.54 万份种质 244 万个数据项值的信息,它包含由北京转移至青海种质库种质的活力测定、转移时间、种子重量、存放青海库箱号及库位等数据,为青海复份种质库的管理和监测提供信息。

### 2.1.3 农作物遗传特性评价数据库

该库拥有 160 种作物 33 万份种质,它包括种质的基本情况、植物学形态、农艺性状、品质、抗病、抗逆、细胞学、分子学及其他特征特性鉴定的数据。这些信息保证了保存在国家种质库(圃)的每一份种质有一份有价值的数据,它可为拓宽遗传基因的利用范围和生物多样性的保护提供可靠信息。

### 2.1.4 多年生野生圃管理数据库

该库拥有 1.114 万份种质,13.4 万个数据项值的信息,它包括入圃保存的水生蔬菜、野生稻、苎麻、野生花生、茶、桑等国家野生圃保存的种质特性评价鉴定的数据,这些数据可为多年生作物的保存和繁殖更新提供依据。

### 2.1.5 主要粮食作物和部分经济作物优异种质特性评价鉴定数据库

该库拥有 1 万份种质 30 万个数据项值的信息。它包含一项或多项优异特性的种质在不同年度和不同生态区评价鉴定的数据,一般有两年或三年的结果,这些数据将有助于亲本的选择和种质资源的深入研究和利用。

### 2.1.6 中期库管理数据库

该库是以种子保存的种质贮存在 0 ℃ 和 10 ℃ 的中期库内。目前库内种子量在 250 g 以上的种质有 9617 份,500 g 以上的种质有 4276 份。国内外交换作物种子时可随时登记造册,该库可向有关部门提供种子交换的情况,以及中期库需要繁种更新的信息。

### 2.1.7 国内外种质交换数据库

该库拥有 60 种作物 12 万份种质,每份引进的种质包含作物类别、名称、引入国家、引入时间、试种地点及初步试种的情况。每份对外提供的种质包含作物类别、名称、提供的国家、提供的时间及主要特性等,该库可随时为国内外种质交换提供信息。

## 2.2 信息管理系统

中国农作物遗传多样性信息管理系统有 8 个功能模块(图 1),用 Foxpro 和 C 语言联合编程实现的。系统适用于不同作物和不同类型的数据结构,各单项作物数据库和各功能模块既可相对独立,即水稻、麦类、杂粮、棉麻、油料、蔬菜、果树和其他经济作物的数据库可独立运行,合起来又成为综合性、多功能、中英文两用的农作物遗传多样性信息管理系统。系统既可以进行信息检索、查询、统计、维护,还可以结合种质资源研究的需要对数据进行加工分析,将数据处理扩展到对数据库中的数据的整体特征进行认识,从而获得一些与数据库相吻合的宏观知识,以提高种质资源信息的利用率。同时还利用图形和图像技术,研制了作物种质资源电子地图系统、染色体图像分析系统、同工酶谱图像分析系统等。这些系统的建立为进一步研究农作物遗传资源主要特性的地理分布和建立基因文库奠定了基础。下面简要概述系统功能。

### 2.2.1 管理系统具有较强的移植和互连的功能

数据库管理系统可在 DOS 或 Windows 操作系统上运行。目前管理系统可以对上述 7 个基础数据库进行集中管理和查询。该系统为异构数据库的互连和移植到 UNIX、XENIX 操作系统奠定了良好的基础。

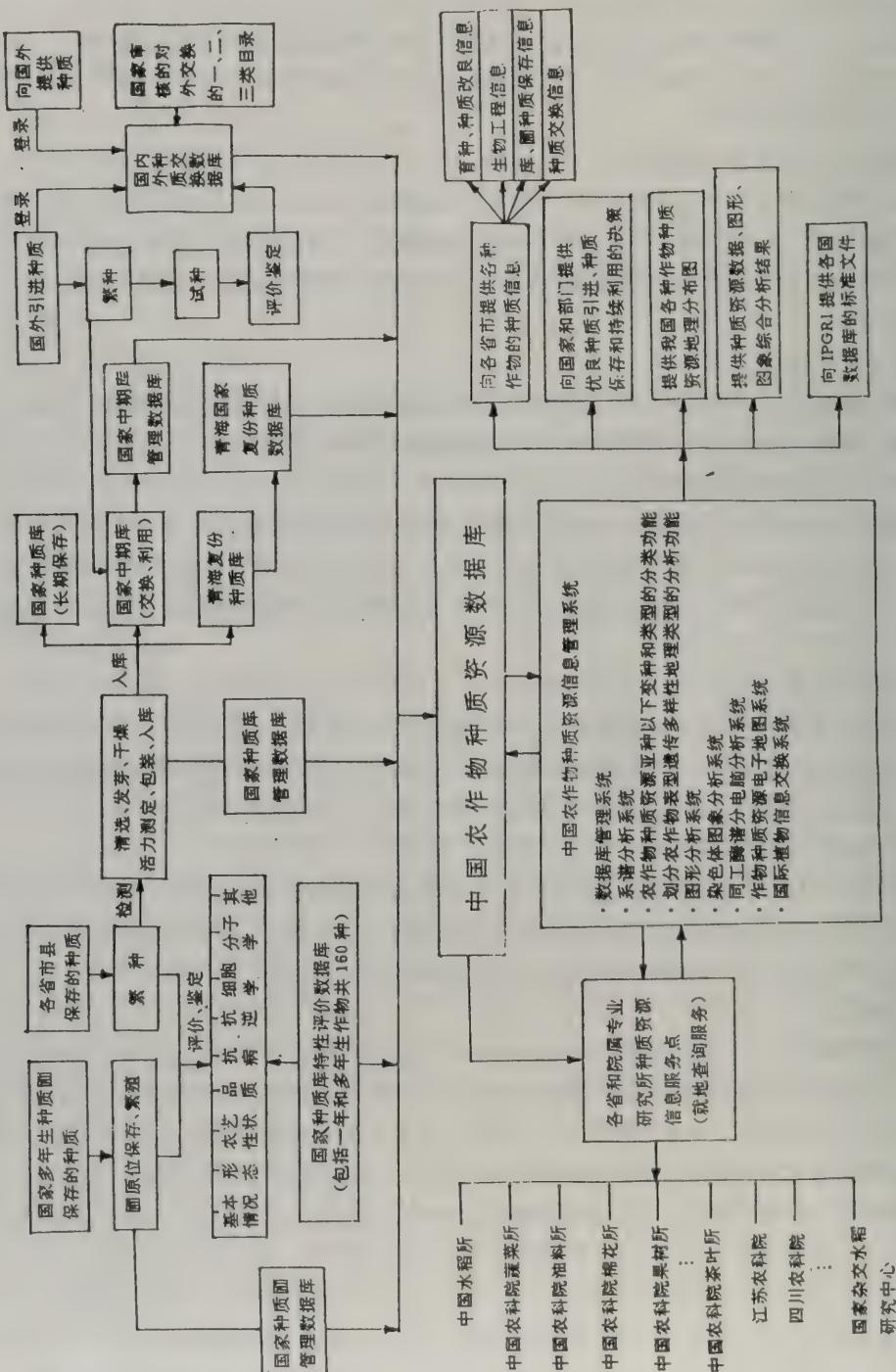


图 1 中国农作物遗传多样性信息管理系统体系结构

## 2.2.2 具有作物品种系谱分析功能

以小麦和水稻选育品种为对象,建立了小麦和水稻品种系谱分析系统。该系统可以查找小麦、水稻选育品种的特征特性,追踪各个世代的亲本,计算选配率,分析系谱结构,绘制系

谱图,该系统有助于防止盲目选配和重复选择亲本,提高育种效率。

#### 2.2.3 具有农作物种质资源亚种以下变种和类型的分类功能

为解决大量复杂的、综合性强的农作物种质特性评价数据的分类问题,系统具有对亚种以下变种和类型的分类功能。该系统通过建立种质分类专家知识库,确定亚种以下的分类字段、分级标准和分类字段的优先级,再利用种质特性评价数据库,可以迅速地划分亚种以下的变种和类型。

#### 2.2.4 具有划分农作物表型遗传多样性地理类型的分析功能

系统所具备的划分农作物表型遗传多样性地理类型的分析功能,也是建立在专家知识库的基础上。在专家确定表示某种作物生物多样性特性字段的基础上,对某些性状的表型进行分级,统计每个地区、每个字段各种级别出现的频率,然后计算生物多样性的指数,并进行差异显著性检验,以此来判断生物多样性表型的地理类型,为探求作物种质的富集中心提供依据。

#### 2.2.5 图形分析功能

为了将大量复杂的农作物遗传多样性的数字信息转换成直观、易于理解、可重复分析且以图形形式表示的画面呈现在屏幕上,或输出到打印机或激光机上,我们设计了多变量种质特性图形分析系统。该系统可以对各种作物来源于或原产于不同地区或不同级别相对应的质量性状或数量性状的统计结果,用图形方式绘制在各种坐标图上,使种质资源工作者可以从一张浓缩的图形上一目了然地看到成千上万份种质所表现的特征特性,这些工作为继续进行优异种质资源和遗传多样性的研究提供了数据分析平台。

#### 2.2.6 染色体和同工酶图像分析功能

种质资源的研究已经进入到细胞和分子水平,其中重要的研究对象就是细胞染色体和各种活性酶。染色体作为遗传物质的载体,其核型分析、分带、互换、杂交等技术的进展,为人为控制种质资源遗传特性开辟了广阔的前景。利用生物化学方法分析同工酶酶谱,作为遗传信息表达的指标来研究高等植物不育的遗传本质,鉴定作物品种是否存在抗病、抗逆特性的基因,以及划分属种之间的类别,为人们探求作物的生理机制提供研究途径。但是从事染色体和同工酶分析的研究人员都深知手工操作艰苦性和繁杂性。因此利用计算机图像识别技术改进种质资源细胞、分子水平的研究手段已势在必行。从1992年开始研制染色体和同工酶图像分析系统,经过三年多的工作,已研制成功了染色体和同工酶图像分析系统,该系统是用C语言设计,有28000条源程序,可以在DOS和Windows操作系统下运行。该系统建成后已成功地对1000多份小麦、大麦、谷子、荞麦、籽粒苋等作物染色体和同工酶进行了分析,改变了手工剪接图像、配对、绘制模式图、计算各种参数等落后的工作方式,提高了种质资源在细胞和分子水平上的研究水平和工作效率。

#### 2.2.7 绘制种质资源地理分布图的功能

种质资源数据是具有空间内涵的地理数据,为建立种质资源地理信息系统提供了基础条件。我们在分析中国作物种质资源信息系统数据的基础上,利用图形技术,建立了中国作物种质资源电子地图系统。该系统是建立在Microstation PC 4.03基础上的。它包含中国行政单位省、地、县基础数据库,中华人民共和国1:400万比例的地图信息库,原产地资源份数统计结果数据库以及原产地经纬度统计数据库。在建立以上4个数据库的基础上,再按双标准纬线等面积圆锥投影将经纬度值转换成地图坐标值,绘制成种质资源地理分布图。现已利用该系统绘制了135幅不同数量级别的点值分布图,135幅 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 经纬网格种质资源密度分布图,出

版了用中英文描述的《中国主要作物种质资源地理分布图集》。该系统的建立为进一步研究各种作物种质特性评价数据的空间分布和生物多样性富集中心奠定了基础。

### 2.2.8 国际植物遗传资源信息交换的功能

由于各国使用的语言、信息记载标准、存贮格式和计算机软硬件系统的差异,使得植物遗传资源信息交换非常困难,从而影响了植物遗传资源信息国际间交换。因此我们制定了国际植物遗传资源信息交换协议,并研制了信息交换软件,使世界各国植物遗传资源信息的共享成为可能。

中国农作物遗传多样性信息管理系统已提供给全国省、地、县有关农业研究单位使用,并在全国设立了42个种质信息服务点,可供各省农业科学院(所)、农业院校及生产单位就地查询使用。目前,我们在制定优良种质数据库的结构和标准的基础上,结合地理区域、生态条件和不同气候带,将优良种质的综合评价结果,建成优良种质评价数据库。然后,利用地理模型库、知识库和图形库研制优良种质资源地理信息系统及多媒体信息系统。

### 参 考 文 献

- 方嘉禾等. 1996.“八五”期间农作物品种资源攻关研究取得重大进展. 作物品种资源. 3: 1-2  
 张贤珍等. 1990. 农作物品种资源信息处理规范. 北京:农业出版社  
 张贤珍等. 1991. 农业数据库系统程序设计. 北京:农业出版社  
 曹永生, 张贤珍等. 1995. 中国主要作物种质资源地理分布图集. 北京:中国农业出版社  
 Zhang Xianzhen, Cao Yongsheng 1994. The national databases system of crop germplasm resources in China, CODATA Proceedings Series. 2: 13-77

## CROP GENETIC DIVERSITY INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM IN CHINA

Zhang Xianzhen, Cao Yongsheng, Bai Jianjun

(Institute of Crop Germplasm Resources, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

On the basis of our research work from 1986 to 1995 in China, the storage state of National Crop Gene Bank (Nursery), data acquisition, data standardization, basic database, characteristics and functions in information management system are introduced

**Key words:** Crop, Genetic diversity, Database, Information management system

# 中国微生物资源数据库及其网络共享

马俊才 赵玉峰 刘澎涛

(中国科学院微生物研究所信息网络中心,北京 100080)

**摘要** 本文阐述了中国微生物资源数据库在微生物信息资源的建设及其网络化共享方面所进行的工作,介绍了近年来建立的一系列中国特有的微生物资源数据库的数据内容和功能,描述了今后的发展趋势。

**关键词** 微生物资源 菌种 数据库 网络

作为中国科学院“七五”院重大项目“中国科学院科学数据库”在微生物领域中唯一的一个子库,“中国微生物资源数据库”始建于1986年,目前已经经历了十余个年头了。中国微生物资源数据库在建设初期由在微机上建立的数据库群(马俊才,1992)和数值分类软件包等一些辅助软件(马俊才,1989)组成。今天它已经发展成为在工作站上建立的网络服务器,可以提供24 h的实时网络检索服务(马俊才,1996);数据内容也由过去的单纯文字类型,发展为集文字、图片、视频数据为一体的多媒体信息。

中国微生物资源数据库存储了我国微生物学工作者利用中国境内特有的微生物资源,独立进行研究开发的结果,收集了大量新的微生物属、种的数据。这些微生物资源和数据是我国极其宝贵的财富。同时也反映了我国微生物资源现状、潜力和可供开发利用的前景。是我国微生物学家从事微生物资源研究、生物工程和生物多样性研究的重要基础数据。

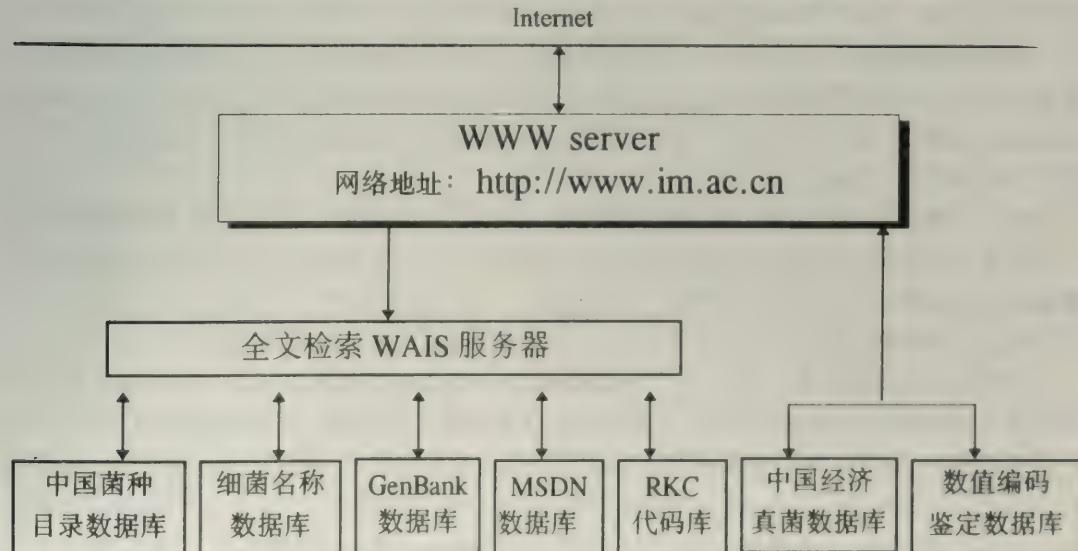


图1 中国微生物资源数据库及其网络系统的结构示意图

## 2 中国微生物资源数据库中主要数据库介绍

### 2.1 中国菌种目录联机检索数据库

微生物的开发利用与微生物菌种质量的好坏有着十分密切的关系。由于微生物菌种是一种活着的资源,因此世界各国的菌种保藏中心每年都花费大量的资金使其保存的各种微生物菌种处于良好的生活状态,以保证其持续拥有各种独特的特性,以备工业生产、科学的研究使用。各国菌种保藏中心都拥有自己的微生物菌种目录,以便与其他中心频繁地进行着各种优质菌种的交换和出售。

中国微生物菌种保藏管理委员会是我国唯一的国家级菌种保藏联盟,由 12 家菌种保藏中心组成,即中国科学院微生物研究所、中国科学院武汉病毒研究所、中国农业科学院土壤肥料研究所、轻工业部食品发酵工业科学研究所、中国医学科学院皮肤病研究所、卫生部药品生物制品检定所、中国医学科学院病毒研究所、中国医学科学院抗菌素研究所、四川抗菌素工业研究所、华北制药厂抗菌素研究所、农业部兽医药品监察所、中国林业科学研究院林业研究所。本数据库的数据库来自于这一中国微生物界最大的菌种保藏组织,它囊括了我国所有的国家级菌种保藏中心所保藏的微生物菌种,因此它具有相当的权威性和不可替代性。本数据库中的每一条记录都对应着一株活着的微生物菌株,因此这是一个十分珍贵的活着的资源性数据库。本数据库包含有细菌、放线菌、真菌、病毒等微生物的数据。根据这一数据库,我们出版了我国第一本英文版“中国菌种目录”(中国微生物菌种保藏管理委员会,1992)。

目前我们正在对这一数据库逐步进行网络化,在 WWW 服务器中使用 WAIS 软件建立必要的索引文件,使网络用户可以随时对这一数据库随时进行全文检索。本数据库中的记录条数约 1 万 1 千条。

## 2.2 细菌名称数据库

近年来,由于各学科互相渗透和新技术新方法的不断引入,促使细菌分类学技术突飞猛进,不仅原有相当一批老菌名在分类隶属上已经发生变动,出现了大量新的分类单位。本数据库搜集了 1970 年到 1995 年间的国内外主要杂志以及近十几年来各相关领域的专著 140 余部中的细菌名称。其中被细菌国际命名委员会所承认的细菌名称还给予了特别标记。

本库收集到的细菌名称资料新、覆盖面大是一大特色,本数据库动用了大量的人力物力,历经 8 年。参加建库工作的编辑委员会和审订委员会专家学者共 24 人,具有研究员和教授级职称的占 78%,其中 3 人为中国科学院院士。根据这一数据库,出版了“细菌名称(第二版)”字典(蔡妙英,1996)。

本数据库除可以通过个人微机提供检索服务外,还将于近期内上网,提供全文检索服务。相信通过本字典的上网,将会大大促进国内和使用汉字国家和地区细菌名称使用的标准化和规范化。本数据库中的记录条数约 1 万 8 千条。

## 2.3 微生物性状库

对微生物性状的准确掌握对于微生物菌种的开发利用有着及其重要的意义。微生物性状库记录每一个微生物的基本信息,它由两部分组成。第一部分是每株菌的概述表,概述表包括该菌实验室的菌号、拉丁菌名、鉴定单位、定名者、标准菌株否、菌株分离的省县、分离具体地、分离号、分离单位、分离者、分离日期、生态环境、栖息地、经纬度、高度、培养基号、培养温度、存活否、血清型、保藏单位、保藏者、保藏方式、提供单位、提供者、数据入库时间、数据更新时间。第二部分数据是菌株性状表、菌株用途表、菌株别号表、菌株文献表、菌株历史表、菌株别名表、标准菌说明表、培养基成分表等。菌株性状表包括了该菌的全部形态、培养、生理生化性状。

主要检索功能有单项检索、符合检索、模糊检索等。此外我们将数据库与数值分类系统有机地结合起来,对任意检索条件所获得的菌种数据集都可以进行数值分类分析,所得到的结果可以以树状谱的形式绘画出来(马俊才,1990)。

目前微生物性状库主要收集了细菌、放线菌、酵母菌、腐生真菌等微生物的有关性状,共计一万余条记录。

#### 2.4 中国经济真菌多媒体数据库

我国的食用药用真菌历史悠久,饮食文化是中国的一大特色,我国已知食用真菌种类相当丰富。本数据库中的每一个真菌物种,都包括拉丁学名、同物异名、中文译名、中文别名、分类地位、形态特征、生态习性、分布地区和经济用途几方面的内容。在用途上本库的数据涉及食用真菌、药用真菌、有毒真菌、木腐菌、外生菌根菌、分解纤维素、木质素以及中药方等多种经济用途,适于不同层次的人员参考使用。为了突出本库的鉴定作用,将形态特征的内容按照分类学的宏观和微观描述,又划分成十几个方面,便于计算机查询检索,逐步使本库成为分类学家的鉴定手册。我们今后除拟将真菌的黑白线描图和其彩色照片数据数据库外,还拟将我国的饮食文化融汇于数据库中,将真菌的食谱、菜谱收录于数据库中,制作成多媒体数据库。

“中国经济真菌数据库”反映我国微生物学科技成果和东方文化的内涵,它不仅可以供我国微生物学界的科研、教学使用,还可以为食品、外贸和医疗卫生等部门服务。本数据库中的记录条数约1千余条。

#### 2.5 微生物数值编码鉴定数据库

近年来,世界范围的细菌感染类型和感染细菌有着明显变化,原来对人类生命威胁最大的病菌正逐渐被非致病的弱毒菌和条件致病菌所取代,因此,寻找简易、快速、准确方法鉴定新出现的病原菌,是一项关系国计民生的重要工作。由于微生物的数值编码鉴定方法在医疗、生产、商检、外贸等领域中是一项非常实用的微生物快速鉴定技术,因此出版相应的鉴定手册和上网共享是十分必要和紧迫的。

2.5.1 革兰氏阴性杆菌数值编码鉴定数据库 本数据库内容自1982年起开始研制,在研究了国内临幊上常见的革兰氏阴性杆菌感染类型和考虑我国医疗、预防工作部门的实际情况,并引进和吸收国外的先进细菌鉴定系统的基础上,逐步建立了一套适合我国国情的检测和诊断方法,经过不断积累、修改、补充,终于建立了“医学革兰氏阴性杆菌编码鉴定法”,本工作自推广使用以来,效益良好,深受好评。1993年此项科研成果获得黑龙江省政府和哈尔滨市政府嘉奖。

为推动本工作的普及,我们于1994年用本数据库正式出版了《革兰氏阴性杆菌新编码鉴定法手册》一书。本数据库正在为我国医疗、预防工作中发挥作用。本数据库中的记录条数约5千条。

2.5.2 厌氧菌数值编码鉴定数据库 无芽孢厌氧菌是近20年来才被证实的临床感染的重要病原菌。本编码鉴定方法是基于优化理论挑选出鉴定厌氧菌有效并且容易操作的24项特征。目前已在黑龙江所属的绝大多数地市级医院中得到了广泛实用。此项技术简便、有效、经济、易行,深得广大医务工作者的欢迎。本数据库中的记录条数约4千条。

2.5.3 弧菌数值编码鉴定数据库 弧菌中包含有很多烈性致病菌,如霍乱等。这些疾病的及时诊断和快速治疗对于控制重大疫情、加强社会稳定、促进旅游业的发展都具有十分重要的意义。本数据库中的记录条数约4千条。

### 3 国际生物学数据库的网络共享

目前 Internet 上有很多免费的学科性基础数据库,但由于我国目前的网络收费政策及收费标准的限制,科研人员无法频繁地检索这些数据库。因此,将这些数据库引进国内,在国内网络上为科研人员提供及时有效的信息服务,不失为一种经济有效的方法。

#### 3.1 国际分子生物学数据库 (GenBank/DDBJ/EMBL)

本数据库是分子生物学领域中十分著名的数据库,它是目前世界上有关 DNA 序列的最大的数据库。它的主要数据项有:关键词、微生物名称、生物学特征、文章出处以及整个序列等。每天都有很多研究人员向该数据库提供数据,进行注册。随着我们 WWW 服务器的建立,该数据库已决定无偿向我们提供整个数据库。作为“中国生物多样性信息系统微生物学分中心”,我们将于年内获得一台新的计算机国内工作站,因此计划于年内将本数据库上网共享。本数据库数据总量将达到 2 GB。

#### 3.2 国际微生物菌种数据网络 MSDN 数据库

“国际微生物菌种数据网络 MSDN”是国际微生物领域中十分知名的计算机应用组织,它长期获得联合国环境总署 UNEP 和联合国开发署 UNDP 的资助。“国际微生物菌种数据网络”已授权我们作为 MSDN 的“中国国家节点”,并已从 MSDN 获得了其全套的数据库。我们正在逐步将这些数据库上网,丰富我们的网络信息资源,服务于中国微生物学家。本数据库数据量约 30 MB。

#### 3.3 国际微生物性状编码数据库

为了更好的进行微生物性状数据库的建立和促进微生物性状的国际共享,Rogosa、Krichevsky 和 Colwell 三人创建了微生物性状代码系统,简称 RKC 代码系统,并建立了这一数据库。本数据库将所有的微生物性状按照类型的不同分成 38 个节,并对每一个性状都给予了一个唯一不变的编码。这一数据库的上网必将促进我国微生物性状数据库的建立和标准化工作。本数据库数据量 10 MB。

在“九五”期间,中国微生物资源数据库将利用国际互联网络信息高速公路和多媒体信息处理技术,全面地收集和集中存贮有关我国特有微生物的有关信息,同时引进国外重要的微生物学数据库 (Sugawara, Ma, 1993),并利用计算机网络提供更大范围的检索、咨询等信息服务,努力建设成为具有我国特色的微生物信息资源中心,为微生物学家们提供一个良好的信息工作环境。

### 参 考 文 献

- 马俊才等. 1992. 中国微生物资源数据库 MRDC. 微生物通报 4(19):1-3  
马俊才等. 1989. 数值分类技术. 微生物学分类与进展. 北京:光明日报出版社, 340-355  
马俊才等. 1996. 中国微生物学 WWW 服务器的建立. 科学数据库与信息技术. 79-81  
马俊才等. 1990. 中国微生物资源数据库性状子库的数据结构与检索功能设计. 微生物通报 4(17): 210-214  
中国微生物菌种保藏管理委员会(主编). 1992. *China Catalogue of Cultures*. China Machine Press, Beijing  
蔡妙英(主编). 1996. 拉汉细菌名称(第二版). 北京:科学出版社  
Sugawara, H. Ma, Juncai (eds.). 1993. *World Directory of Collections of Cultures of Microorganisms*. World Data Center on Microorganisms, Business Center for Academic Societies in Japan

## THE MICROBIAL RESOURCES DATABASE OF CHINA

*Ma Juncai, Zhao Yufeng, Liu Pengtao*

(Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

This paper introduced the information resource of Microbial Resources Database of China (MRDC), and its functions. The network sharing of the database and the future development are also described.

**Key words:** Microbial resources, Strain, Database, Network

## 中国动物分类代码的制定

伍玉明<sup>1</sup> 夏经世<sup>2</sup>

(中国科学院动物研究所,北京 100080)

(北京麋鹿生态实验中心,北京 100076)

**摘要** 物种代码在生物多样性信息系统(BIS)中占有极其重要的地位。在生物多样性信息系统中首先遇到物种代码如何制定。物种代码必须含有一定的分类含义,以便数据库建设者和系统管理员便于理解、调用和调试。各个组织和国家制定的代码系统适合于自己的系统管理需求,我们制定代码系统时考虑到我国的动物现状,并参考国际上的使用情况。由中国科学院动物研究所和中国标准化与信息分类编码研究所共同起草的《中国动物分类代码(Taxonomic Codes of the Chinese Fauna)脊椎动物部分(Vertebrates)》历时4年,已于1994年12月通过鉴定,将以国家标准形式推荐使用。该标准规定了我国现有的脊椎动物分类代码,适合于全国对脊椎动物信息进行交换和处理。采用层次编码法,共分四层,由11位阿拉伯数字组成。按哺乳类(01)、鸟类(02)、爬行类(03)、两栖类(04)、鱼类(05)排列。

**关键词** 分类代码 生物多样性信息系统 脊椎动物

信息不但要进行科学的分类,同时还要进行科学的编码,使之代码化,这是人们对信息进行有效管理的基本方法,而信息分类编码标准化是标准化的新领域,它不仅仅是计算机进行信息处理的前提和基础,而且也是信息管理系统信息交换,资源共享的前提和基础。研究和制定《中国动物分类与代码》国家标准是生物资源信息管理系统的基础工作,也是我国资源信息管理标准体系中最基础、最重要的标准之一。从动物学研究的方法和现状考虑,脊椎动物是动物界中结构最复杂、进化地位最高的动物,也是人类研究最深入、最全面的动物,它对人类的物质文化生活、经济活动等有着直接的关系。因此将脊椎动物各类群的分类编码标准化工作,作为《中国动物分类代码》国家标准的第一期工程完成,该项目为国家技术监督局1991年制、修订国家标准项目,由中国科学院动物研究所和中国标准化与信息分类编码研究所共同负责完成,于1994年12月通过审定。将以国家标准推荐使用。

### 1 信息编码概述

编码是将事物或概念赋予一定规律性的易于人或计算机识别和处理的符号、图形、颜色、缩简文字等等,它是交换信息的一种技术手段,在现代化信息管理系统中,代码是数据元的一种标准表示形式。代码为数据体系化提供了一种简短的、方便的符号结构,为数据记录、存取、检索提供了方便。很明显用自然语言对事物或概念命名和描述远比代码繁琐。代码不但具有标识的唯一性,还具有分类和排序等功能,并可根据客观需要作出某些规定,使代码具有特殊含义。代码以其内容和格式的简单经济,大大提高了数据的处理效率和准确性。由此可见代码在当前信息管理系统中起着极为重要的作用。

### 2 信息编码在动物资源数据库中的应用

国外物种代码的编制早在70年代开始,编制方法及遵循的规则各不相同。以下列出几种在动物资源数据库中应用的代码系统。

美国北美动物园编制的《国际物种信息系统 (International Species Information System, 简称 ISIS NO)》该系统是以计算机为基础的, 收集了有关笼养野生脊椎动物十万余种, 按分类系统进行编码, 代码长度为 19 位, 代码形式为:

X—XX—XX—XX—XXX—XXX—XXX—XXX—XXX  
界 门 纲 目 科 属 种 亚种

在国际自然与自然资源保护联盟 (IUCN) 机构中, 用于自然资源保护方面, 对保护的动物物种赋予代码, 其代码由 1 位字母 (用 C 表示字母代码) 和 12 位数字组成, 长度为 13 位, 代码形式为:

C—X—XX—XXX—XXX—XXX  
类群 纲 目 科 属 种

其中字母 M、A、R、B、P 分别表示兽类、鸟类、爬行类、两栖类、鱼类。

“欧洲鸟类环志中心”使用的代码系统主要用于鸟类环志收集信息, 仅限于欧、亚、非洲范围使用, 代码的排列是按分类系统顺序编码, 种用四位数字, 亚种用一位数字或字母 (用 C 表示), 其代码形式为:

XXXX      X 或 C  
种            亚种

加拿大渥太华自然博物馆使用无含义顺序码, 即按记录顺序赋予编码, 代码长度 5 位。

由此可以看出, 目前, 虽然尚未有国际公认并且通用的动物物种编码系统, 但是, 由于代码在信息管理系统中的重要作用及客观需要, 世界上许多国家和组织都已经以计算机管理系统为目的, 制定了适用于本管理系统要求的代码系统。

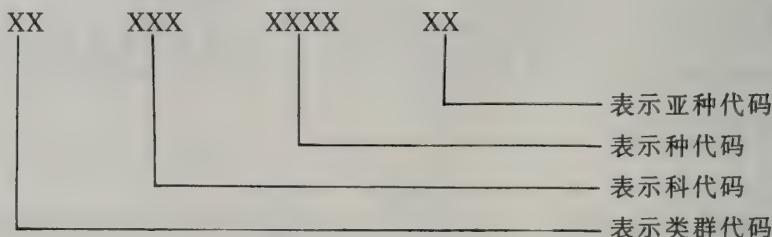
### 3 《中国动物分类代码 (Taxonomic Codes of the Chinese Fauna) 脊椎动物部分 (Vertebrates)》的制订

动物资源是自然资源重要组成部分, 它与人类生活息息相关。要建立动物资源信息管理系统, 有效的开发、利用和保护动物资源, 促进国内外动物信息交换和资源共享, 就必须规范动物名称, 统一动物编码。长期以来, 我国广大从事动物研究的科学工作者, 对全国的动物进行了调查研究, 基本上查清了我国脊椎动物的种类和分布情况, 获取了大量的动物标本和宝贵资料, 撰写了一批具有很高学术价值的专著, 这一切都为制定动物分类代码国家标准提供了科学依据。《中国动物分类代码——脊椎动物部分》制定的目的, 并不是为了分类学者在分类工作中使用, 它仅仅是作为数据库中的关键字用于计算机系统, 按照一定规律赋予每一个物种一个代码编号, 尽量减少冗余, 提高效率。同时物种代码必须含有一定的分类学意义, 以便于数据库建设者和系统管理员理解、调用和调试。

在制定动物分类代码中使用了层次编码法。层次编码的突出优点是能明确表明分类对象的类别, 有严格的隶属关系, 代码结构简单, 容量大, 便于汇总, 其缺点是代码结构弹性较差, 当层次较多时, 代码位数较长。作为工具, 代码应遵循尽量简短, 查询方便, 相对稳定的原则。因此, 在编制过程中避其缺点, 尽可能减少层次, 减少长度, 故省略了门、纲、目各层。据现掌握的

资料分析,在动物分类中,随着研究工作的发展,对分类阶元会有不同的认识,物种的分类阶元属级地位变动最多,为了减少在属变更时物种代码随之变化,代码中没有将属单独列为一层;与此相反,物种的科地位相对稳定而被列为一层;科以上单元为类群层以减少冗余。

代码共分为四层,有11位阿拉伯数字组成。从中国动物物种整体(脊椎动物与无脊椎动物)考虑,第一层类群用二位数字表示,从0105依次表示哺乳类、鸟类、爬行类、两栖类和鱼类五个类群;第二层“科”用三位数字表示,从001999,在代码编制中充分考虑目与目之间,科与科之间分类系统的变化,预留出空码,以便在动物分类研究中某些物种所属科级发生变化时仍能按分类系统排列,而不会影响其他物种的代码。类群、科两层代码是按分类系统排列,即有含义代码;第三层“种”用四位数字表示。同一科下的种按连续数字代码顺序排列;第四层“亚种”用二位数字表示,种与亚种为无含义代码,其代码仅代表了该物种的拉丁学名及中文名称,不含有分类学意义。属变更时物种的代码不变。若为其他物种的同物异名时,该代码取消,新增的物种代码排列在所属科下的最后。代码结构如下:



例如:白尾鶲的代码为01003000300,表示哺乳类鶲科白尾鶲。

特别需要指出,该代码体系如果仅限于脊椎动物,其第一层只选用一位即可,选用两位是考虑为动物界(无脊椎占大多数)统一编码留下余地。

在标准制定的过程中,将征求意见稿发至有关部委及全国有关的研究单位和高校,得到55个单位和专家的回函,给予了热忱指导,根据专家的意见进行了认真研究,合理地修改了征求意见稿,形成了审定稿及报批稿。标准规定了我国现有的脊椎动物的分类代码,包括了脊椎动物五个类群,472个科,6193个物种,2786个亚种。适用于全国计算机系统中对脊椎动物信息的交换和处理,标准所用资料截止到1993年6月,个别资料使用1994年资料。

《中国动物分类代码》国家标准的制定,不仅为现在进行中的生物多样性信息系统(BIS)奠定了基础,而且为其他学科信息交换做好了准备,为了适应分类学的发展,该标准应几年修订一次。

#### 4 讨论

在动物分类研究中,因学术观点不同,对某些物种的分类地位有分歧是经常出现的,这与信息分类编码的唯一性原则是相矛盾的。目前对有争议的物种多采纳所属动物志卷、册主持人的意见,未能客观地反映出该物种在研究中的分歧意见。另外,某些物种已存在同物异名,而且随着分类研究的深入,一些物种的属级分类阶元变更也时有发生,故采用附加库形式保存这些信息似乎也有几分必要。

在BIS中尚有许多急需做规范化、标准化代码工作的,例如:自然地理分布、生境等基本信息都应作为首期工作完成,否则,随着工作的深入,一些不规范的信息录入到库中,势必会影响

信息的使用。

我们认为目前各单位已采用的代码体系不影响《中国动物分类代码》的推荐采用,如果觉得采用原体系好可继续使用,需要数据交流时再临时将此部分数据转换。

#### 参 考 文 献

- 赵艳华. 1989. 信息分类编码标准化. 北京:中国标准出版社  
须浩风. 1986. 当代中国标准化. 北京:中国社会科学院出版社  
中华人民共和国国家标准 1987. 标准化工作导则——信息分类标准的编写规定. 北京:中国标准出版社  
中华人民共和国国家标准 1987. 标准化工作导则——信息分类标准的基本原则和方法. 北京:中国标准出版社  
Honacki, J. H. 1982. *Mammal Species of the World*. Kansas: Allen Press

### THE DESIGN OF TAXONOMIC CODES OF THE CHINESE FAUNA

Wu Yuming<sup>1</sup>, Xia Jingshi<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

(<sup>2</sup>Beijing Milu Ecology Research Center, Beijing 100076)

The taxonomic code of species plays a key role in Biodiversity Information System (BIS). The first question posed in BIS is how to define the taxonomic code. The code must indicate the taxonomic status of a taxon, to let database builders and system administrators of species understand, use and debug it. Each organization and each agency define their own taxonomic code system to accommodate their requirements for system management. Based on the present situation of Chinese animal condition and code system of international organization, we have defined the taxonomic codes of species of the Chinese Fauna.

The drafting of the Taxonomic Codes of the Chinese Fauna (Vertebrates), sponsored by Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences and the Institute of China Standardization and Information – Classifying and Coding, has been finished through 4 years' efforts. It was appraised by experts in December 1994, and will be recommended to use as a national standard. Extant Chinese vertebrate's taxonomic codes were defined in the Standard, and the Standard is applicable for exchanging and processing of vertebrate's information throughout the counting. The Code has four levels: *Type* (Mammalia (01), Aves (02), Reptilia (03), Amphibia (04) and Pisces (05)), Family, Specie and Subspecies, and consists of 11 Arabic numerals.

**Key words:** Taxonomic codes, Biodiversity, Vertebrates

## 武汉植物园药用植物专类园数据库

刘忠义<sup>1</sup> 娄治平<sup>2</sup> 牛德水<sup>2</sup> 佟凤勤<sup>2</sup> 余清清<sup>1</sup> 黄蓉<sup>1</sup> 林刚<sup>1</sup> 丁颖<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院武汉植物研究所, 武汉 430070)

(<sup>2</sup> 中国科学院自然与社会协调发展局, 北京 100864)

**摘要** 作为武汉植物园信息系统的一部分, 建立了武汉植物园药用植物专类园数据库, 收编了园内栽培的药用植物较为详尽的有关信息, 包括: 科、属、种的中文与拉丁名、主要分布区域、性状、生活习性、繁殖方式、栽培数量与地点、引种地点与时间、主要药用功能及其珍稀濒危程度等, 信息量为 60 万字节; 并利用 Foxpro 提供的统计工具对药用植物专类园数据库进行了分析。该数据库的建立, 为药用植物专类园科研、科普、物种保存和管理工作科学化提供了一个重要工具。

**关键词** 药用植物 数据库 武汉植物园

### 1 概述

植物园是生物多样性保护研究的重要基地 (Tong 等, 1996; 佟凤勤等, 1996)。专类园是植物园的基本构成单位之一, 专类园栽培、保存的植物, 与专类园的性质相关。中国科学院武汉植物研究所武汉植物园建园于 1956 年, 已建立了一批颇具特色的专类园, 为植物科学的研究工作提供了坚实的研究基础。其中, 药用植物专类园收集、保存、栽培了 748 种药用植物, 包括国家级保护植物 22 种, 省级保护植物 11 种, 堪称华中地区之首。

建立生物多样性信息系统, 是生物多样性保护等研究工作的重要环节之一 (佟凤勤等, 1995; Lou, 1996; 娄治平等, 1996)。1993 年起, 开展了武汉植物园信息系统的研发工作, 迄今已陆续创建了多个专类园数据库。而药用植物专类园数据库是这项研究的阶段性总结工作之一部分。

以前, 药用植物物种的各项数据从未被系统收集、整理过, 这是因为:

1. 资料不全, 许多药用植物的各项数据并未为《植物志》等植物学经典书籍完全收载, 使资料的收集、整理工作难以全面进行;

2. 数据更新很快, 随着药用植物科学的研究的不断深入, 一些植物的药性、药效被发现或被否定, 使已经收集、整理的部分资料失去时效;

3. 数据记录工具落后, 如引种卡等, 记载的药用植物部分数据因其难于修改、更新、查阅, 使其使用价值受到极大限制。

随着计算机技术突飞猛进的发展, 数据库建库工具的发展已由 dBASE 进入 FOXPRO for Windows, FOXPRO 采用更为友好的用户界面, 提供了屏幕生成器、菜单生成器、报表生成器等整套的软件开发设计工具 (Power Tools) (Jacobson 等, 1995), 极大地提高了数据库的运行速度。武汉植物园药用植物数据库正是采用了这一最新技术进行创建的。通过建立该数据库:

\* 此项课题得到中国科学院植物园建园经费和财政部中国科学院设备更新专项经费支持

1. 完成了药用植物专类园栽培、保存的药用植物各项数据的系统收集、整理；
2. 实现了药用植物各项数据的快速更新、修改；
3. 可快捷方便地完成相关信息的查询、统计和分析。

药用植物专类园数据库的建立,为深入开展药用植物保护研究奠定了基础。

## 2 系统实现环境

1. 硬件:486/66 主频、8M 内存、0.85G 硬盘。
2. 操作系统:Windows 3.1、DOS 6.0
3. 数据库管理系统:FOXPRO 2.6 for Windows
4. 汉字系统:中文之星 2.0

## 3 数据库流程与主要信息项

### 3.1 数据库流程(见图 1)

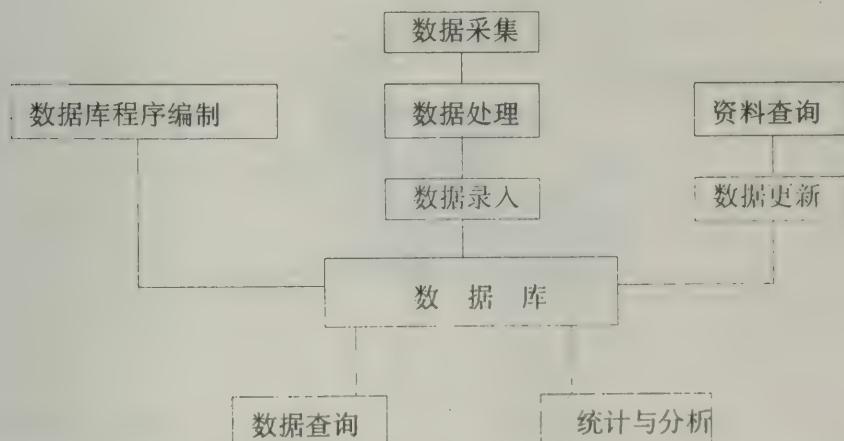


图 1 药用植物专类园数据库流程图

### 3.2 数据库主要信息项

#### (1) 物种名字段结构(见表 1): 表 1 物种名字段结构

字段名	字段类型	字段宽度
种中文名	C	14
属中文名	C	10
科中文名	C	10
科拉丁名	C	18
种拉丁名 1	C	18
种拉丁名 2	C	18
种拉丁名 3	C	18
定名人 1	C	12
定名人 2	C	12
俗名(地方名)	C	18
资料来源	C	28

数据库由 7 个相关联的子库组成,总容量约 60 万字节。

## 4 结果分析

利用 FOXPRO 提供的统计工具,对武汉植物园药用植物专类园数据库进行了分析,结果表明:

### (2)药用情况字段结构(见表 2)

表 2 药用情况字段结构

字段名	字段类型	字段宽度
药用名	C	18
中药名	C	18
主要药用功能 1	C	10
主要药用功能 2	C	10
主要药用功能 3	C	10
中药使用部位	C	18
入药(炮制)方法	C	28
主要化学成分	C	28
其他经济用途	C	16
资料来源	C	28

### (3)性状及分布字段结构(见表 3)

表 3 性状及分布字段结构

字段名	字段类型	字段宽度
生活习性	C	8
性状	C	4
繁殖方式	C	8
主要分布区域 1	C	12
主要分布区域 2	C	12
主要分布区域 3	C	12
珍濒程度	C	20
资料来源	C	28

### (4)引种及栽培情况字段结构(见表 4)

表 4 引种及栽培情况字段结构

字段名	字段类型	字段宽度
引种时间	N	2
引种地点	C	8
园内栽培地点	C	6
园内栽培数量	N	4

## 4.1 武汉植物园药用植物专类园收集物种的信息

### 1. 物种分布区域统计

中国科学院武汉植物园主要从事华中地区植物的引种、驯化工作。药用植物专类园引种的药用植物主要来自华中地区,在总共 748 种药用植物中,主要分布区域包含华中地区的物种有 469 种,占总数的 62.7%,其中,湖北省特有种 19 种,占 2.5%,其分布区域分类统计结果如图 2 所示。

### 2. 物种种性状统计

武汉植物园药用植物专类园收集的药用植物中,草本植物有 475 种,占总数的 63.5%,木本植物 219 种,占 29.3%,藤本植物 54 种,占 7.2%(图 3),与自然界中植物物种性状比大致相

当。这一物种性状统计结果说明,物种性状与其药用价值没有直接联系。

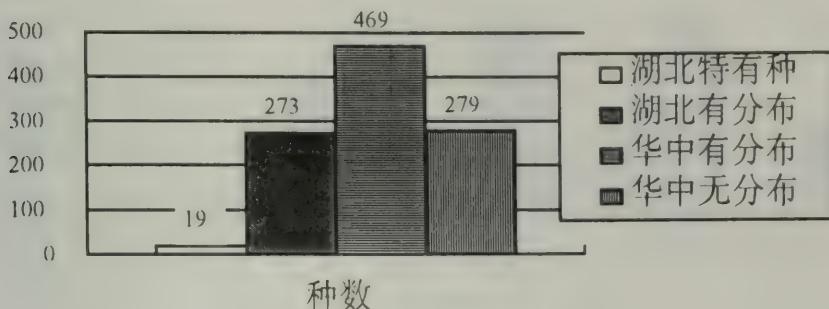


图 2 物种分布区域分类统计结果

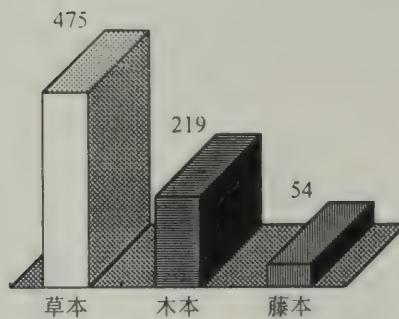


图 3 物种类别分类统计

## 4.2 药用植物栽培现状

### 1. 栽培数量及其物种性状统计

药用植物不同于一般植物,因为其用于人类疾病的预防和治疗,它们必须具备疗效显著和毒性小的特点,在引种栽培和采收加工的过程中需要采取相应的措施,因此其资源保护有别于一般植物。武汉植物园药用植物专类园引种的各植物种只存一株的有 129 种,占植物种的 17.2%,每种栽培 2~10 株有 265 种,占 35.4%,11(100 株的有 207 种,占 27.7%,101 株以上的有 147 种,占 19.7%(详见图 4)。

### 2 栽培区域

武汉植物园药用植物专类园针对引种的各种药用植物不同的生活习性,建设了露地圃、荫棚、草坪区、池杉林、水塘、水渠、温室、育苗区等多种类型的植物区,对部分植物进行盆栽管理。各植物区不同生活习性的药用植物分类统计结果见图 5。

### 4.3 不同时期引种数统计分析

武汉植物园药用植物专类园 50 年代建园至 60 年代,经历了一个高速发展时期,其引种植物数达 453 种,占总数的 60.6%。而文革时期至 80 年代,引种植物陷入低谷,甚至一些引种成功的药用植物也遭到破坏。80 年代末至今,由于中国科学院植物园建园经费的支持,再次进入发展时期,引种植物占总数的 30.9%。各时期引种植物数(见图 6)客观上反映了药用植

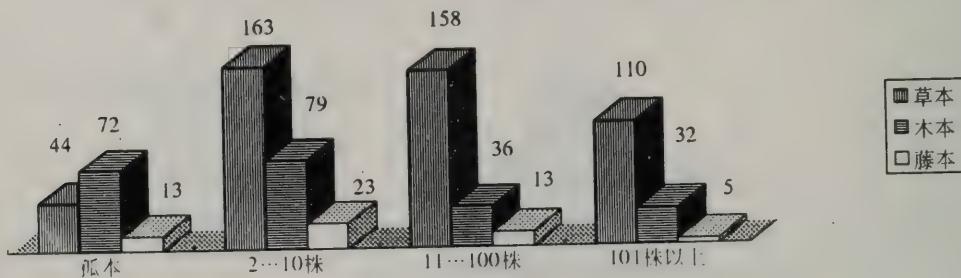


图4 不同性状物种栽培数量分类统计

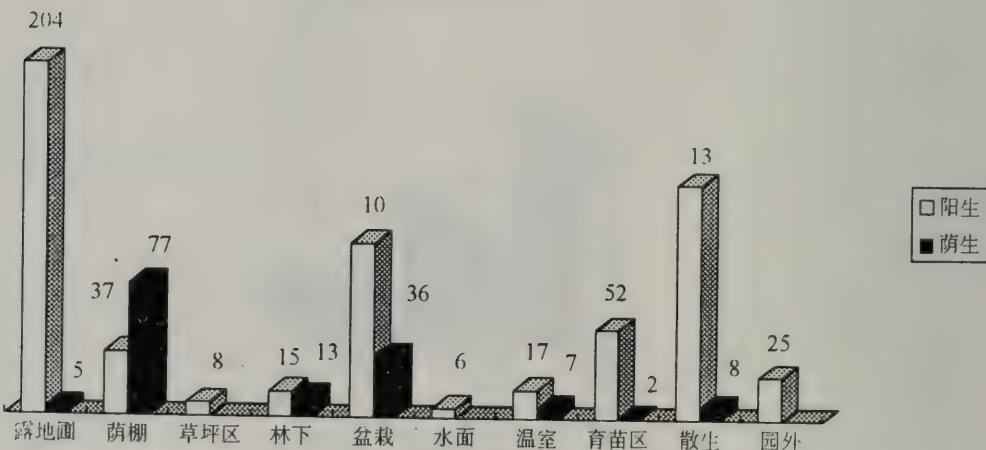


图5 各植物区栽培药用植物种类数统计

物专类园的发展历程,同时也说明中国科学院植物园建园经费的支持对院属植物园科研及建园工作具有重大意义。

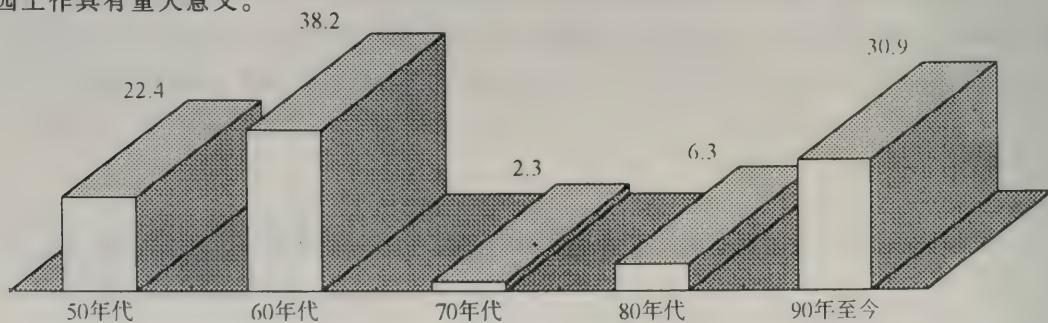


图6 各时期引种数分类统计(%)

## 5 讨论

1. 结合植物园建园工作,开展植物园信息系统研究工作,是非常必要的。武汉植物园药用植物专类园数据库的建立,使该专类园物种的各项动态信息,尽收其中,既有得利于园区建设的规划、配置,也为有关的生物多样性研究提供了丰富的基础资料。

2. 建立生物多样性信息系统,首要基础是多年来建园工作的积累,其次是计算机建库工具的不断发展和完善。而将多年的工作积累转化为一定格式的数据,利用当前最先进的计算机软件,形成信息系统(数据库),正是信息系统研究需要解决的关键问题。

3. 植物园的建园工作,系由相对较为独立的若干个专类园建设工作所组成,而植物园信息系统却并非由相对独立的专类园数据库所构成,相反,建立各专类园数据库,应侧重考虑其与植物园信息系统和通用的标准库的关联,例如,录入系统与物种名标准库的关联,实现其分析检索等功能的统一。

4. 在药用植物专类园数据库的研究过程中,我们发现由于药用植物专类园工作人员退休和调离、早期信息记录工具落后等因素,部分药用植物信息已无法采集,导致数据库内部分信息项空缺,直接影响了统计和分析工作的完整性和其他科学的研究工作对该数据库的利用。建议中国科学院尽早组织院属植物园信息系统的研究工作,阻止相关信息的继续流失。

参加武汉植物园药用植物专类园数据库研究工作的还有:中国科学院武汉植物研究所许天全、刘绍塘、卢大炎、江明喜和刘兵先生;中国科学院计划财务局尹萍和中国科学院生物多样性委员会办公室王晓伟先生对本项研究给予了很大帮助;中国科学院动物研究所纪力强、薛大勇、伍玉明、中国科学院植物研究所施修杰、中国科学院武汉植物研究所郑重和林克杰先生等对本文提出过很有参考价值的意见。在此一并致谢。

#### 参 考 文 献

- 娄治平等. 1996. 生物多样性保护与持续利用研究. 世界科技研究与发展. 18 (5): 52-55  
佟凤勤等. 1996. 中国科学院21世纪宏观生物学发展战略与对策. 中国科学院院刊. 11 (1): 10-15  
佟凤勤等. 1995. 我国野生动植物资源利用的现状与保护. 世界科技研究与发展. 17 (1): 34-39  
Zhiping Lou etc. 1994. The biological basis for the conservation of the biodiversity and its sustainable utilization. *Chinese Biodiversity Newsletter*. (1): 3-5  
N. Jacobsen et al. 1995. *Using Foxpro 2.6 For Windows*. By Que Publishing  
Tong Fengqin et al. 1996. CAS development strategy in macrobiology. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*. 10(2): 114  
- 119

## THE DATABASE OF THE MEDICINAL PLANTS IN WUHAN BOTANICAL GARDEN

Liu Zhongyi<sup>1</sup>, Lou Zhiping<sup>2</sup>, Niu Deshui<sup>2</sup>, Tong Fengqin<sup>2</sup>, Yu Qingqing<sup>1</sup>

Huang Rong<sup>1</sup>, Lin Gang<sup>1</sup>, Ding Ying<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Wuhan Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430070)

(<sup>2</sup>Bureau of Science & Technology for Resources & Environment, Chinese Academy of Sciences, Beijing 1000864)

As part of the information system of Wuhan Botanical Garden, a database of the medicinal plants cultivated in the medicinal herb plantation was established. The information size of the database is about 600 thousand bytes, which includes concerned information in detail, such as the Chinese and scientific names of the families, genera and species, the main distribution areas, the characteristics, habits, ways of propagation, amount and locations of cultivation, locations and times of introduction, the main medical uses and their endangerment degrees, etc.. The database was analyzed using statistic tools provided by the Foxpro. the establishment of the database would

provide the research, science popularization, the species conservation and management of the medicinal plants with an important tool.

**Key words:** Medicinal plants, Database, Wuhan Botanical Garden

# NUTAS 系统——一个植物数量分类研究的自动生成系统

潘孝铭

(中国科学院植物研究所,北京 100093)

**摘要** NUTAS 是一种数量分类研究的自动生成系统。在它的几个子系统中,本文主要介绍了文本分析与转换系统,并用具体例子说明了该系统的特色和用法。

**关键词** 性状编码 数量分类 数据库

## 1 问题的提出

60 年代由 Sokal 和 Sneath 创立的数量分类学,对分类学产生了极其深远的影响。由于数量分类学能够直观,定量地表现表型特征,检查评价现有的经典分类,并为修正和改进现有的分类提供依据,因而在植物分类学上得到了广泛的应用。分类学家要进行数量分类的研究,所依据的材料来源无外乎野外采集并经专家鉴定无误的标本,各大标本馆现有的相关标本及各类植物志的记载与描述,为保证研究结果的科学性,分类学家应尽可能多的拥有相关的资料。对这些材料的收集,归类,分析与总结是一项繁琐又单调的工作。有鉴于此,我们设计了 NUTAS 系统,即数量分类研究的自动生成系统,旨在为分类学家提供从标本采集、标本查阅到文本分析与转换、定量分析的服务。NUTAS 系统是中国植物标本与物种信息系统的一个组成部分。

## 2 NUTAS 的各子系统与功能

NUTAS 系统由植物标本采集系统,文本分析与转换系统,定量分析系统等子系统组成。

### 2.1 植物标本采集子系统

植物标本采集系统供标本采集人员或分类学家在野外采集标本时用,在设计录入界面系统时,我们参考了中国科学院植物研究所标本馆的标本采集卡片,标本采集数据库有 17 个域,域名分别为采集人、采集号、省、市(县)、小地名、生境、海拔、性状、胸高直径、体高、叶、花、果、科名、属名、种名、附记。为减少人为的错讹及数据规范化的考虑,我们将录入界面中省、市(县)、生境、科名、属名及种名等域设计为组合框的形式,与中国地名数据库、生境数据库、中国植物名称数据库相关联,使用者只须用鼠标单击组合框中符合要求的选项即完成该域的录入,从而减少了击键次数。

### 2.2 文本分析与转换子系统

采集来的标本经鉴定无误后,对野外工作时形成的标本采集数据库经过适当的修正和补充,即可由本系统生成文本文件,一个记录即生成一个对应的文本,这种文本的描述结构类似于植物志。表 1 为党参的标本采集记录中的性状、体高、叶花果等域的描述。

经本系统处理后所得文本如下:

党参 (*Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.) 多年生草本。茎长约 0.3~1 m。叶对生,有长柄,卵圆形,叶全缘或微具波状边缘。花单生枝顶或生叶腋;萼片 5, 宽披针形;花冠钟状,浅绿色,5 浅裂;雄蕊 5;柱头 3~5 裂;子房下位,3~5 室。蒴果圆锥形,成熟时顶部萼片间室

背开裂。种子长椭圆形，褐色，无翼。

表 1 党参的标本采集记录中的性状、体高、叶花果等域的描述

性状	多年生草本
体高	约 0.3~1 m
叶	叶对生，有长柄，卵圆形，叶全缘或微具波状边缘。
花	花单生枝顶或生叶腋；萼片 5，宽披针形；花冠钟状，浅绿色，5 浅裂；雄蕊 5；柱头 3~5 裂；子房下位，3~5 室
果	蒴果圆锥形，成熟时顶部萼片间室背开裂。种子长椭圆形，褐色，无翼

分类学家拥有采集来的标本、馆藏标本的文本材料以及各类植物志相关的描述文本后，便可以由本系统将它们转换为性状描述数据库。为便于以后的定量分析，该数据库设计为三个域，其一为性状名称，其二为性状属性，其三为性状值。应该说，这是本系统中最具特色的部分。与以上党参的文本相联系的性状的编码如下：

生活型，无序多元性状。草本，1；藤本，2；木本，3；乔木，4；乔木状，5；灌木，6；小灌木，7；亚灌木，8；落叶乔木，9；落叶灌木，10。

生长时间，有序多元性状。一年生，1；两年生，2；多年生，3。

茎长，数值性状。取株高或茎的长度。叶着生方式，有序多元性状。

互生，0；对生，1；轮生，2。

叶缘，有序多元性状。叶全缘或波状边缘，0；锯齿，1；重锯齿，2。

花序，有序多元性状。单生花序，或数个生枝顶，0；总状花序或疏圆锥花序，1；圆锥花序或总状花序，2。

子房室数，数值性状。取子房室数。

果裂方式，有序多元性状。室背开裂，0；室间开裂，1；孔裂，2；盖裂，3。

种具翼否，二元性状。果不具翼，0；具翼，1。

我们已作出了比较完备的双子叶植物性状编码的数据库，绝大多数双子叶植物的性状的编码已囊括在其中，只需在分析时调用即可，少数性状的编码由系统在分析时自动生成。

文本经转换系统的处理后所得数据库为：

性状	性状属性	性状取值
名称		党参
生活型	dmc	草本
生长时间	dmc	多年生
茎长	n	0.65 m
叶着生方式	omc	叶互生
叶缘	omc	叶全缘或波状边缘
花序	omc	单生花序
子房室数	n 4	
果裂方式	omc	室背开裂
种具翼否	bc	无翼

\* 性状属性中，dmc 表示无序多元性状，omc 表示有序多元性状，bc 表示二元性状。性状取值域中，采取文字或数值方式没有原则差别

对于每个被分类群有一个文本描述，从而有一个性状描述数据库，每个性状描述数据库的性状有一定重叠，一般不会完全一样。系统将所有的性状汇集，形成性状清单。分类学家未必对所有的性状感兴趣，系统可以让分类学家有选择的挑出一些性状，其界面如图 1。

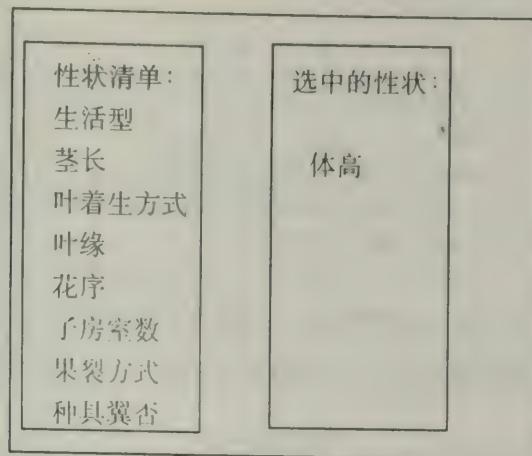


图 1 性状选择界面

选择操作是这样的：当性状清单框中的某个性状处于高亮状态时，用鼠标双击该性状，则该性状将移到选中的性状框里，表明该性状将用于作数量分析；反之，当选中的性状框中的某个性状处于高亮状态时，用鼠标双击该性状，则该性状将移到性状清单框里，表明该性状将不用于作数量分析。

选择桔梗科的党参、桔梗两个种依以上方式分析，选取株高、叶着生方式、叶缘、花序、子房室数、果裂方式、种具翼否等七个性状作分析，得到的党参和桔梗的性状描述数据库，编码矩阵如表 2。

表 2 党参、桔梗的性状编码矩阵

种名	株高	叶着生方式	叶缘	花序	子房室数	果裂方式	种具翼否
党参	5.5	1	0	0	4	2	0
桔梗	0.6	0	1	0	5	1	0

### 2.3 定量分析子系统

植物文本经分析与转换后，得到的数据编码矩阵还得进行标准化变换，比较简单的方法是极差标准化方法，由此得到标准化的矩阵，从而可以求项亲系数和项异系数。在项异系数中，我们采用了最常见得平均欧氏距离系数，相亲系数中采用相关系数。最后，就可依据这些系数做分类运算。分类运算的方法很多，本系统采用了简单的系统分类法：最长距离法和最短距离法，由此得到聚类分析树谱图。这些涉及的是纯粹的数学分析与计算机处理的问题（徐克学，1994）。

### 3 讨论与结论

如何对原始数据进行分析变换和编码是进行定量分析的关键，决定了最终的分析结果的好坏。以往的系统学的软件，要么是基于数据库，要么是基于格式化的文本。基于数据库的软件查询和检索方便，但一般的数据库将性状名称作为数据库的域造成大量的冗余，而数据库格式的固定性在对性状的处理和分析上缺乏灵活性。基于文本的软件虽然在处理性状上不拘一格，但随着数据量的增大，查询和检索的速度又难以令人满意。在本系统中虽然采用了数据库的方法，但却将性状名称作为数据库的键值，即性状名称、该性状的描述值和该性状的编码是作为一个数据库记录而存在数据库中的，能很灵活地增删或修改性状，因而对进行定量分析提供了方便。

### 参 考 文 献

- 徐克学. 1994. 数量分类学. 北京:科学出版社  
黄大卫. 1995. 支序系统学. 北京:中国农业科学出版社  
阳含熙, 卢泽愚. 1981. 植物生态学的数量分类方法. 北京:科学出版社  
中国植物学会数量分类学专业委员会. 1997. 数量分类学与微机信息处理研究进展. 昆明:云南科技出版社  
钟扬. 1995. 植物分类信息系统概述. 植物学通报. 12(增刊):1-6

## NUTAS—AN AUTO-PRODUCTION SYSTEM OF NUMERICAL TAXONOMY OF PLANTS

Pan Xiaoming

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

NUTAS is an auto-production system of numerical taxonomy of plants. Among its several subsystems, the text analysis and transformation subsystem is emphatically introduced in the present paper. Its features and uses are discussed using some examples.

**Key words:** Coding of characters, Numerical taxonomy, Database

# 海洋生物分类数据录入质量控制的一种方法

陈虹勋 蔡淇松

(中国科学院南海海洋研究所,广州 510301)

**摘要** 海洋生物物种多样性实测数据录入的质量控制,有赖于相应代码系统的权威性及其可用性,在目前过渡情况下,也可采取多种替代办法实现数据录入质量控制。WINDOWS 平台的 LOTUS 或 EXCEL 软件较方便有效,本文介绍了采用这种方法录入的质量控制方案及其效果。

**关键词** 生物分类数据 数据质量控制 数据录入

## 1 前言

生物多样性不仅提供了人类生存不可缺少的生物资源,也构成人类生存的生物圈环境。我们面临经济发展所带来的环境污染、生物多样性丧失等突出的问题。我国的生物多样性保护事业尚处于初级发展阶段(中国生物多样性保护行动计划,1995)。多样性的研究、保护与相应的信息系统关系极为密切,由于海洋生物数据的采集具有离散性与随机性的特点,使其原始数据更为宝贵,如何在信息系统中储存并“真实”反映所采集的数据,在多样性信息系统中,是首要的和不易解决的。

南沙群岛及其邻近海域,特别是珊瑚礁区,水域广阔,生态系统和生物类型多样而复杂,是海洋生物多样性极高的区域。利用数据库管理实测数据,是该区海洋生物多样性信息系统建立的基础工作,其中数据录入的质量控制是相当繁重和最基本的。如果采用代码输入法,能相当有效地实现质量控制的目标。但至今为止,还缺乏权威性的、完整的海洋生物分类代码系统,已有的代码方案还存在一些问题,例如,不易编码或扩充,实用性较差,有一定的局限性,不能像“个人身份证”那样简单明了、便于确定,即使生物分类的专业人员也难于使用。其客观因素是生物分类复杂,仅动物分类系统就有林纳、达尔文和现代学者三种看法(万德光等,1991)。此外,由于海洋生物科学数据“属性”复杂(蔡淇松等,1997),而在海洋生物分类研究中,通常记录属种的鉴定资料,专业性较强而且原始数据书写不够规范(例如属种名称或缩写缺乏严格规范等(中国生物多样性保护行动计划,1995)),不利于非专业人员的录入操作,即使采用“双录入法”也难以确保数据的“真实性”。然而,输入数据的正确性又是至关重要的。目前,实验记录的海洋生物分类数据基本上是以时间空间与属种对应关系的方式书写的,使得海洋生物同一个属种名字经常重复出现。即,同一个物种常常出现在不同的时空坐标上,很难保证达到微机要求的一致书写格式,不利于录入数据的质量控制。为此,在没有代码的情况下,我们试用 WINDOWS 平台上的 LOTUS 或 EXCEL 软件,进行生物数据库的录入操作,取得了较好的效果。

• 本文是国家科技攻关项目“南沙群岛及其邻近海区综合科学考察”的“南沙海区综合科学数据与信息系统”课题和中国科学院生物多样性信息系统海洋分部的共同研究成果

## 2 关于代码系统

林奈(Linne, 1756)早已提出了生物拉丁文命名法则,随着数据信息管理系统的飞速发展,在以林奈体系为基础的多种生物分类代码系统中,有的采用生物属种拉丁文的简单缩写形式;有的使用离散型字母数字代码;而有的则是严格的数学型代码,并为国际海洋数据中心(NODC)的生物分类代码体系所采用。但生物学分类是复杂的,仅动物学分类观点就不易统一(万德光等, 1991),在选用海洋生物代码系统时,首先必须考虑代码的权威性,其次是代码的唯一性、完整性、扩充性及易读性等。从数据录入质量控制的角度看,不少代码系统的可识别性较差,不利于非海洋生物的专家使用、不利于录入数据的质量控制,如果让生物学分类专家亲自进行数据录入操作是不可想象的;况且,当出现分类上不同观点时,也不易处理,使用上受到限制。因此,采用过渡性的代码系统或用其他办法是有必要的,对解决海洋生物数据录入的质量控制问题也是有效的。

## 3 代替代码录入的质量控制方法

目前实验记录的生物分类数据格式是二维表格,表中首行的列作为海上测量站位数据(时空坐标),表中其他行的各列作为实测的属种名和各测站的具体生物量数据。我们曾采用代码的“增量”法进行海洋生物数据的录入,即采用准代码库和分类库并配合相应程序进行录入操作。准代码库记录生物属种名和对应的准代码,分类库记录原始数据表格的实测数据和属种全名(图1)。录入操作时,先将属和种的前三个字母作为首选准代码在准代码库中进行检索,检索准代码和相应的属种全名,检索成功(检索到的属种全名与需录入的一致)并验证其唯一性后,再从准代码库中把该属种全名转入到分类库中,然后,输入其实测数据;如检索结果为非唯一性,则表明须增加属种名字母,即准代码长度,再重新检索,直至检索到满足要求的唯一一个记录为止。检索失败则表明该准代码在准代码库中不存在,需要增加新准代码,并自动在两个库中同时输入该属种全名,准代码库中的准代码是不等长的。此方法能对不符合微机书写格式要求的生物属种名及其数据录入质量进行有效控制,同时也完成了物种数据库的录入(图2)。

但上述方法的缺点是操作过程中重码机会较多,并且对海洋生物的浮游生物、游泳生物等各门类都要编制相应的程序。不易推广,且不能减少录入工作量。目前,在缺乏权威性代码系统的情况下,利用LOTUS(FOR WINDOWS)或EXCEL(FOR WINDOWS)输入生物分类二维表格数据具有许多优点:即发挥了WINDOWS多功能、多任务的特点,又充分利用了LOTUS或EXCEL的优越性,将LOTUS或EXCEL与FOXPROW数据库系统软件有机结合,作为数据录入质量控制的桥梁(图3)。其方法是:把数据输入到LOTUS或EXCEL中,并可利用其查询功能迅速在海洋生物数据库中搜寻是否存在相同的生物属种名称,如果有,则只需继续输入其实测数据项。如果没有,则增加新记录。本法与“增量”法的主要区别是不采用准代码而采用属种全名来作判别标准,重码率低。在LOTUS应用软件中已具备现成的查询和检索等功能,因而,能减少编程工作量,适应性广。由于屏幕是以LOTUS工作表的形式在屏幕上显示,录入时可以很容易看到当前记录前后的若干行记录,便于及时发现并纠正错误。录入结束后,直接把工作表储存到FOXPRO(FOR WINDOWS)的数据库文件中,也可利用LOTUS或EXCEL等软件直观(所见即所得)的特点,以表格、斜体、花纹、边框、图形等多种方式打印其录入结果。比FOXPROW中专门设计的打印程序方便有效。本法不但能较好解决因书写格式引起的录入误差,而且减少录入工作量;其特点是:

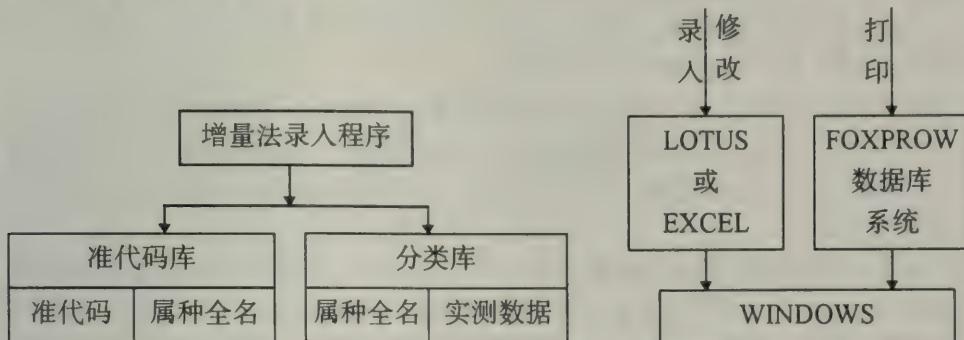


图 1 增量法示意图

图 2 LOTUS 或 EXCEL 录入数据示意图

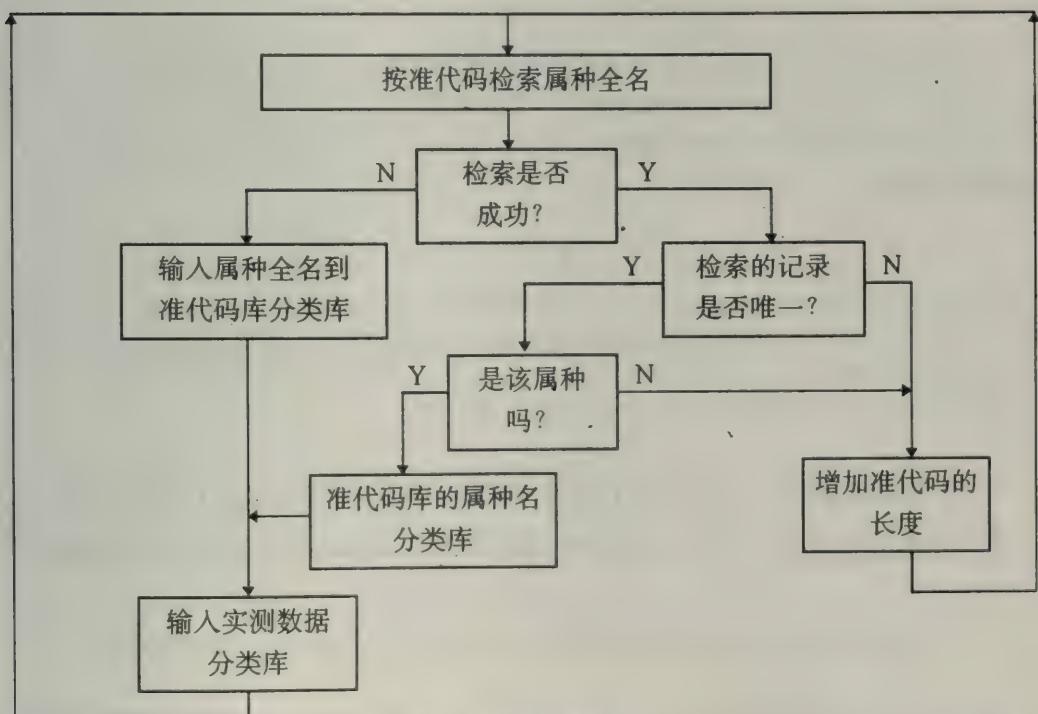


图 3 增量法流程图

①方法简便,在 LOTUS 或 EXCEL 工作表上无需专门建库结构、定义字段和字段长度,即适应性广,其工作表的格式结构可以随意更改,并可以随时随意在任何位置插入或删除记录及行列转换互调。可以完全与原始资料格式相应地输入,然后按合理的构思和布局修改,重新设计一个有一定“自由度”的理想数据库,达到与程序输入法殊途同归的效果。

②运用剪贴板(静态数据传输),各程序之间的数据可以相互交换,数据得到了充分的再利用。例如海洋生物数据库中相同的目、科、等数据项都可利用拷贝功能来大量快速输入。

③DDE(Dynamic Data Exchange 动态数据交换)连接方式或 OLE(Object linking and Embedding 对象的连接与嵌入)功能进行动态数据连接和修改数据。充分发挥了 WINDOWS 的多道程序、多项任务特点,使各程序和各任务很容易转换、自动实现信息交换。例如,在连接

LOTUS 数据文件、FOXPRO 数据文件时,两个文件内容可建立互动关系,使得改动 LOTUS 数据,FOXPRO 数据库数据也相应改动。即在一个程序中对数据的修改,立即在另一个程序中反映出来,实现了操作环境的集成和自动化。

④易于实现基本统计分析,从而确保其实测数据的正确录入,例如,在输入数据时我们可以临时增加平均值、总和或最大值、最小值字段。当录入完一个记录便可在平均或总和或最大值、最小值字段上看到运算的结果,及时与要录入的资料对比,及时检查录入数据质量,无需等录入完再进行校对。

⑤此法与 WINDOWS 各应用程序之间风格一致,易于充分利用现成的多种程序、工具和 WINDOWS 本身的工具,可完成日常事物管理,字处理、画图以及通信等功能,通用性强。

#### 4 建议

1. 海洋生物代码系统在分类数据录入质量控制中是相当重要的,但由于客观实际情况,短期内难以获得实用的权威性和有效的代码系统,采用代替方法进行质量控制是必要与可能的。

2. 在替代的海洋生物数据录入方法中,利用 LOTUS 或 EXCEL 的间接输入法比较理想,其快速简单,通用性强,输入的数据差错少,可信度高,可以针对初始数据格式,利用 LOTUS 或 EXCEL 的灵活性和方便性完成数据库的设计及录入,使其更适应海洋生物分类数据录入质量控制的要求。

#### 参 考 文 献

- 中国生物多样性保护行动计划. 总报告编写组中 1995. 国生物多样性保护行动计划. 北京: 中国环境科学出版社  
 蔡淇松, 周锡徐等. 1997. 海洋生物科学实测数据库及其信息应用系统设计提要. 中国科学院南海海洋研究所. 大亚湾海洋生物综合实验站研究年报. 2: 1994-1995  
 万德光, 吴家荣等. 1991. 药用动物学. 上海: 上海科学技术出版社, 33

## A METHOD TO CONTROL THE INPUT DATA QUALITY IN DATABASE OF MARINE BIOLOGICAL CLASSIFICATION

*Chen Hongxun, Cai Qisong*

(South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510301)

Although the control of the input data quality in database of marine biological classification is mainly dependent on the authority and the applicability of the related code system, several other methods can also be used for the control purpose. The Lotus software and the Excel software on the Windows platform turn out to be quite effective. In this paper the control method and its effect, which is realized by using these two softwares, are introduced.

**Key words:** Marine biological classified data, Data quality control, Data input

# 附录



## 附录 1

# 第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会会议纪要

第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会于 1996 年 11 月 20~22 日在北京香山召开。本次会议是由中国科学院、林业部、农业部、国家环保局和国家教委等单位联合组织,来自 84 个科研教学和管理单位的 160 名代表出席了会议,代表面覆盖全国 26 个省、自治区。

林业部保护司巡视员陈人杰先生、王志宝副部长致开幕词,国家环保局杨朝飞司长、国家教委陈冬生处长、中国科学院王韧副院长等在开幕式上发表了热情洋溢的讲话,一致认为此次会议适逢“九五”计划实施前召开,必将对我国今后五年中生物多样性保护、环境质量改善和自然资源持续利用等产生深刻影响。中国科学院副院长陈宜瑜院士致闭幕词。他深刻指出,生物多样性保护不仅深为国家社会重视,政府决策,而且日益深入人心,形成公众意识。尤为重要的是生物多样性已成为当今科学界研究的热点之一。积极推进生物多样性保护事业的发展,将有利于我国缓解人口增长和经济发展而带来的压力,并使我国丰富的生物多样性得以妥善保护和生物资源能持续利用。

会议分大会主题报告与分组专题报告两种交流形式。洪德元院士、裘维蕃院士、陈灵芝教授、钱迎倩教授、李典谟教授、汪松教授等 17 位专家做了大会报告,内容包括物种多样性、菌物多样性、生物多样性科学前沿、生物多样性的经济价值、遗传多样性、生物安全、外来生物、自然保护区管理、森林多样性、生物多样性与生命科学、多样性分布格局、野生近缘种动物种质资源等。这些报告内容丰富,议题广泛,尤其涉及到部分国际生物多样性研究的前沿领域。共有 32 位代表在分组会上做了专题报告,内容包含:濒危种迁地保护、火烧迹地物种恢复、早春植物多样性、人工林生物多样性、水域生态系统多样性、湿地生物多样性、小种群灭绝的计算机模拟、种群生存力、易地保护与多样性保持城市建设与多样性变化、水利工程对环境影响等。

代表们就上述报告内容展开了热烈讨论,大家一致认为,①在国际有关部门大力支持和科技工作者的努力探索下,我国生物多样性保护事业已取得了阶段性研究成果,已初步形成了具有中国特色的研究内容,某些研究领域已与国际接轨。②经过十余年的研究锻炼和工作积累,我国已形成了一支以中国科学院为龙头,大专院校和地方院所参加的生物多样性科研队伍,其专业覆盖面较广、规模较大、年龄结构较合理。③生物多样性保护已不仅是科学的研究的议题,而且已成为政府行为和全面行动,生物多样性保护对国际民生的影响力日渐增大。④虽然我国生物多样性研究已渡过初创阶段,且取得一定成绩。但要清醒认识到距国际水平前沿有不小距离,且我国生物多样性研究面临着严峻考验,一方面我国生物种类丰富,是世界生物多样性“特丰”的关键国家之一,生物多样性研究对我国乃至世界具有重要意义,但另一方面,我国人口多、耕地少、资源贫乏、环境恶化,对生物多样性保护事业造成不利影响,因此,生物多样性保护不仅关系到社会经济发展,又影响到资源持续利用和环境保护。

经过交流和讨论,代表们认识到近期应开展的主要研究包括:完成物种本底调查,研究生物多样性的发生和灭绝过程,以物种多样性为基础、重点开展生态系统多样性研究;确定关键问题,在关键地区应用关键技术对关键物种进行深入研究;干扰和生境丧失对物种濒危的影响,物种有效种群的重建与退化生态系统的恢复;生物多样性经济价值的评估及其国际决策和国民经济的影响;生物多样性保护与自然资源持续利用的关键。

这次会议在全体与会代表的共同努力下,取得了满意的结果,大家在有关生物多样性研究

目标和内容上达成了共识。这必将会激发广大科技人员的工作热情,而使我国生物多样性研究跃上一个新的台阶。

## 第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会大会报告 (以报告人姓氏拼音为序)

报告人	报 告 题 目
陈家宽	生物多样性与生命科学
陈灵芝	生物多样性科学前沿
陈幼春	中国家养动物种质资源及其保护
董玉琛	中国作物野生近缘种及其保护
高 琼	区域植被对全球变化的响应与景观多样性
洪德元	中国野生植物的现状及其保护研究
胡志昂	遗传多样性研究的意义及其进展
蒋有绪	中国森林多样性及其保护
李渤生	青藏高原的生物多样性及其保护
李典漠	定量分析方法在生物多样性保护中的应用
钱迎倩	经遗传修饰生物体(GMOs)释放对环境的影响 - 生物安全
裘维藩	菌物多样性及其对人类生存的价值
王 刚	外来种与生物多样性保护
王献溥	生物多样性的就地保护与持续利用
王祖望	中国野生动物资源的保护与持续利用
应俊生	中国植物多样性的分布格局及其特有性

## 附录 2

## 作者索引

艾军	37	黄建辉	253	刘旭	24
白建军	423	黄棉	130	刘玉明	229
蔡淇松	400,449	黄培佑	77	刘正恩	224
曹仁江	351	黄蓉	438	刘志勇	31
曹希仁	358	黄文忠	199	刘忠义	438
曹永生	423	黄亦存	161	娄治平	438
常杰	81,86	黄英姿	378	卢蓉	81
陈冬生	12	黄永青	161	鲁孝先	104
陈虹勋	449	黄远超	302	陆大根	86
陈灵芝	175,253,316	江海声	199	陆健健	68,416
陈清明	416	蒋志刚	388	陆峻	31
陈贤晓	81	孔昭宸	141	陆树刚	109
陈宜瑜	15	黎桦	130	马俊才	429
陈耘	48,155	李朝达	237	马克平	
丁颖	438	李承彪	145	269,275,288,309,316	
董洁	370	李迪友	95	马全红	77
董玉琛	24,31	李典漠	150	马晓形	218
董志刚	354	李久林	260	孟庆繁	293,297
杜乃秋	141	李庆梅	91	孟卫东	31
冯祚建	388	李晓红	37	倪红伟	265
高贤明	253,275,288,302	李欣海	150	倪健	323
高玉慧	265	李艳红	199	宁国赞	218
葛滢	81,86	李友刚	137	牛德水	438
葛玉香	37	李玉祥	358	农绍岳	130
关文彬	224	李正芬	43	欧阳彦如	302
何文珊	68	林刚	438	潘孝铭	445
何育城	339	刘伯文	194	潘伯荣	114
何远辉	406	刘灿然	275,316	平文祥	210
和太平	130	刘和林	145	戚家华	31
贺军钊	269	刘宏茂	237	秦国强	81
胡东	137	刘惠琴	218	秦岭	384
胡隐月	297	刘静艳	378	邱明华	54
胡志昂	19	刘珂	86	邱英杰	365
华日刚	302	刘宁	43	桑卫国	309
黄汉东	104	刘澎涛	429	沈育杰	37
黄晖	205	刘晓娟	161	孙剑秋	210

孙书存	175	肖芳媖	375	岳春雷	86
沈泽昊	104	肖维良	199	臧 埔	37
苏维词	260	谢国文	123	张桂燕	269
宿 兵	63	谢宗强	91	张剑锋	199
唐廷贵	370	熊 芳	95	张林源	48,155
佟凤勤	14,438	熊四清	95	张荣贵	109
万师强	253	徐 跐	384	张淑萍	282
王 斌	416	徐信荣	185	张维来	137
王凤忠	218	徐振帮	293	张贤珍	423
王洪新	19	许再富	237	张新时	323
王庆贵	297	杨朝飞	3	张亚平	63
王 韧	11	杨大荣	237	招礼军	130
王仁卿	282	杨大同	237	赵秀海	293,297
王 巍	253,275,288,302	杨福林	358	赵玉峰	429
王应祥	237	杨 光	185	赵正阶	194
王 勇	194	杨 岚	237	赵子恩	104
王有智	384	杨利平	265	郑 豫	309
王玉辉	77	杨松杰	31	周东坡	210
王玉寿	109	杨欣明	31	周继忠	130
王志宝	1	杨玉成	358	周开亚	185
魏 春	354	叶万辉	224	周丕宁	130
温远光	130	叶永忠	269	周荣华	31
文祥凤	130	游水生	339	朱 华	237
吴金清	104	于长青	48,388	朱建国	406
吴明盛	339	于登攀	205	朱建中	282
吴鸣翔	141	于顺利	275	朱林峰	95
伍玉明	395,434	于砚民	345	朱忠保	95
夏经世	395,434	余清清	438	邹仁林	205

## 附录 3

## 第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会会议通讯录

姓 名	职 称 / 职 务	工 作 单 位	邮 编	电 话
陈宜瑜	院 士 / 副 院 长	中国科学院	100862	68597609
陈人杰	巡 视 员	林业部野生动物和森林植物保护司	100714	64229944
杨朝飞	司 长	国家环保局自然保护司	100035	66153366 - 5732
王 韵	研 究 员 / 副 院 长	中国农业科学院	100081	62172266 - 3864
陈冬生	副 处 长	国家教育委员会科技司	100816	66096519
佟凤勤	研 究 员 / 副 院 长	中国科学院协调局	100862	68597550
蔡淇松	高 工	中国科学院南海海洋所	510301	84451335 - 518
蔡庆华	副 研	中国科学院水生生物所	430072	027 - 7883481 - 2180
晁 敏	硕 士	山东大学生物系	250100	8903861 - 2524
曹家树	副 教 授	浙江农业大学园艺系	310029	0571 - 6998126
曹仁江	助 理 工 程 师	丹东市环保生态中心	118000	0451 - 2122886
陈 耘	助 研	北京麋鹿中心	100076	67992107
陈家宽	教 授	武汉大学生物系	430072	7882712 - 2869
陈灵芝	研 究 员	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6288
陈小健	助 工	湖南东洞庭湖自然保护区管理局	414000	0730 - 8244753
陈幼春	研 究 员	中国农业科学院畜牧所	100094	62581177 - 3028
成秀珍	中 国 首 席 代 表	澳大利亚 ICT 公司中国分公司	100086	62175319
邓心安	工 程 师	中国科学院计划财务局	100864	68213344 - 4204
丁建清	助 研	中国农业科学院生防所	100081	62172947
丁洪美	记 者	中国林业报社	100714	64229944 - 3648
董 洁	硕 士 研 究 生	南开大学生物系	300071	022 - 3502238
董志刚	工 程 师 / 副 站 长	丹东市环保监测站	118001	0451 - 6061877
董玉琛	研 究 员	中国农业科学院品质所	100081	68314433 - 2726
范国强	教 授	河南农业大学	450002	0371 - 3933922
傅德志	研 究 员	中国科学院植物所	100093	62590296
葛玉香	助 研	中国农业科学院特产研究所	132109	0431 - 2323477
高 奔	助 研	安普科技中心	100101	010 - 62370556
高 琼	研 究 员	中国科学院植物研究所	100093	62591431 - 6277
高立志	博 士 生	中国科学院植物研究所	100093	62591431 - 6445
高贤明	博 士	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6263
耿作红	讲 师	中国 21 世纪议程管理中心	100080	62626057
龚 润	助 研	中国科学院昆明植物所	650204	0871 - 5150660 - 3815

郭永立	编辑	中国农业出版社	100026	65005926
和太平	讲师	广西农业大学林学院	530001	0771-5628271
何文珊	研究生	华东师范大学河口所	200062	021-62577577
侯淑琴	高工	中国科学院植物所	100093	62591431-6216
侯向阳	副研/副处长	中国农业科学院	100181	62174131
胡志昂	研究员	中国科学院植物所	100093	62591431-6221
黄文忠	硕士	广东省昆虫研究所	510260	020-84191724
黄英姿	讲师	中山大学生命科学院	520320	84186300-2958
黄永青	副研	中国科学院微生物所	100080	62555692
蹇友里	研究生	新疆大学生物系生态室	830046	62571277
蒋有绪	研究员	中国林业科学研究院	100091	62889550
金启宏	副研/副处长	中国科学院植物研究所	100093	62591431-6217
孔昭宸	研究员	中国科学院植物所	100093	62591431-6437
李渤生	研究员	中国科学院植物研究所	100093	62591431-6066
李典模	研究员/副院长	中国科学院动物所	100080	62555612
李慧娟	硕士	山东大学生物系	250100	8903861-2524
李久林	研究员	贵州科学院山地资源研究所	550001	0851-6837571
李清淑	副主编	《生态学报》编辑部	100085	62925522-3181
李欣海	博士生	中国科学院动物所	100080	62555750
李松岗	副教授	北京大学生命科学学院	100871	62751860
李拥军	副教授	中国农业科学院畜牧所	100094	6281177-3133
李玉祥	工程师	辽宁双台河口国家级自然保护区管理处	124010	0427-2825411
刘宁	副教授	贵州师范大学生物系	550001	6827380
刘演	助研	广西植物研究所	541006	0773-3550090
刘伯文	高工	东北林业大学	153106	0458-3432227
刘静艳	讲师	中山大学	510275	020-84186300-2808
刘祥君	博士生	东北林业大学	150040	0451-2190677
刘玉萃	教授	河南农业大学	450002	0371-3933922
娄治平	工程师	中国科学院协调局	100864	68597576
陆峻嶒	助研	新疆农业科学院品种资源研究室	830000	0991-4520311
陆庆光	副研	中国农业科学院生防所	100081	62172947
陆树刚	副教授	云南大学生态所	650091	0871-5151312-31192
罗晶	讲师	中国 21 世纪议程管理中心	100080	62626057
马俊才	高工	中国科学院微生物所	100080	62551764
马克明	博士后	中国科学院生态环境研究中心	100085	62923562
马克平	研究员	中国科学院植物所	100093	62591431-6285
孟庆繁	副教授	西南农业大学	630716	0811-8863961-3795
倪红伟	助研/副院长	黑龙江省科学院自然资源研究所	150040	0451-6664613

宁国贊	副研	中国农业科学院土肥所	100081	62716531 - 316
潘伯荣	副研/副院长	中国科学院新疆生物土壤沙漠所	830011	0991 - 3835294
钱 吉	助教	复旦大学生物系	200433	021 - 65492222 - 3830
钱迎倩	研究员	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6003
裘维蕃	院士	中国农业大学	100094	
邱英杰	副处长	辽宁省林业厅经营处	110001	
邱兆祉	副教授	南开大学	300071	022 - 3502335
秦 岭	副教授	北京农学院园艺系	102206	69731211
曲力书	助研	北京自然博物馆植物室	100050	67024431 - 3060
史作民	副研	中国林业科学研究院	100091	62582211 - 669
桑卫国	博士后	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6263
石培礼	助研	中国科学院综考会	100101	62031117
孙雪峰	博士	国家环保局自然保护司	100035	66153366 - 5725
汤圣祥	研究员/主任	中国农业科学院水稻所	310006	3325711
唐礼俊	讲师	复旦大学环资系	2000433	021 - 65492222 - 3830
王 晨	高工	中国科学院生物学部	100864	68597421
王 巍	硕士生	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6263
王风忠	研究生	中国农业科学院土肥所	100081	62716531 - 316
王洪新	研究员	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6221
王美林	编审	《生物多样性》编辑部	100093	62591431 - 6137
王江林	研究员	庐山植物园	332900	0792 - 8285402
王磐基	教授	河南大学地理系	475001	0378 - 5961497
王庆锁	博士	北京林业大学森林资源与环境学院	100083	62324411 - 2123
王秀云	副编审	北京师范大学《生物学通报》期刊社	100875	62207645
王仁卿	教授	山东大学生物系	250100	8903861 - 2524
王献溥	研究员	中国科学院植物研究所	100093	62591431
王印政	博士后	中国科学院昆明植物所	650204	0871 - 5150660 - 4804
王耀辉	工程师	湖南省怀化地区林业局	41800	0745 - 2257852
王祖望	研究员/所长	中国科学院动物研究所	100080	62555809
王玉辉	研究生	新疆大学生物系生态室	830046	0991 - 2862753 - 2554
文和群	副研/副院长	广西植物研究所	541006	0773 - 3550103
吴明盛	工程师	福建武平县琥北采购站	364303	0597 - 4683986
武全安	研究员	中国科学院昆明植物所	650204	0871 - 5150660 - 3625
伍玉明	工程师	中国科学院动物所	100080	62562712
夏经世	副研/副主任	北京麋鹿中心	100076	67992107
夏振岱	编审	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6087
徐存宝	助理研	黑龙江丰林国家级自然保护区管理局	153033	0458 - 3812013
徐朗然	研究员	西北植物研究所	712100	0910 - 7013363

许春霞	副研	西北植物研究所	712100	0910 - 7012202 - 7480
薛达元	副研	国家环保局南京环科所	210042	025 - 5403542
杨斧	副编审	《植物杂志》编辑部,北京西外大街 141 号	100044	68353831 - 306
杨光	博士	南京师范大学生物系	210097	3729111 - 3328
杨昌岩	高工、所长	湖南省通道县林科所	418500	0745 - 8623078
杨福合	副研/副院长	中国农业科学院特产研究所	132109	0431 - 2323477
严旬	副处长	林业部保护司	100714	64229944
阎章才	助研	国家自然科学基金委员会生命科学部	100083	62016655 - 2086
郑豫	研究实习员	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6285
应俊生	研究员	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6142
叶万辉	教授	黑龙江中医药大学	150040	0451 - 2114453
张芹	研究员	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6221
张林源	助研	北京麋鹿中心	100076	67992107
张秀荣	编审	植物学报	100093	62591431 - 6133
张淑萍	硕士	山东大学生物系	250100	8903861 - 2524
张治国	副教授	国家教育委员会科技司	100816	66096519
游水生	讲师	福建林学院	353001	0599 - 8508080
朱广庆	副处长	国家环保局自然保护司	100035	66153366 - 5725
朱建国	副研	中国科学院昆明动物所	650223	0871 - 5140390
朱建中	硕士	山东大学生物系	250100	8903861 - 2524
朱忠保	教授	中南林学院	412006	0733 - 8701631 - 2610
赵魁义	研究员	中国科学院长春地理研究所	130021	0431 - 5650457
赵秀海	副教授	吉林林学院	132013	0432 - 466333 - 2034
左家哺	副教授	湖南林业高等专科学校	421005	0734 - 8414514
于丹	教授	武汉大学环科系	430072	027 - 7882712 - 2682
周涌	研究生	中国农业科学院土肥所	100081	62716531 - 327
周立阳	博士后	中国科学院动物所	100080	62557570
宗志祥	教授	北京大学生命科学学院	100871	62755184
周永刚	研究生	中国科学院植物所	100093	62591431 - 6221

## 附录 4

## 国内近年出版的生物多样性方面的出版物简介(续 I)

## 1 正式出版物

- 1.1 李博(主编). 1995. 草地生物多样性保护研究. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社
- 1.2 农业部生物多样性保护行动计划专家组编. 1996. 中国农业部门生物多样性行动计划. 北京: 中国农业出版社, 47.5 万字
- 1.3 中国科学院南沙综合科学考察队. 1996. 南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究(II). 北京: 海洋出版社, 25 万字
- 1.4 陈灵芝、陈清朗、刘文华. 1997. 中国森林多样性及其地理分异. 北京: 科学出版社, 38 万字
- 1.5 胡志昂, 张亚平(主编). 1997. 中国动植物的遗传多样性. 杭州: 浙江科学技术出版社, 35 万字
- 1.6 蒋志刚、马克平、韩兴国(主编). 1997. 保护生物学. 杭州: 浙江科学技术出版社, 43 万字
- 1.7 裴盛基、许建初、陈三阳、龙春林(主编). 1997. 西双版纳轮歇农业生态系统生物多样性研究论文报告集. 昆明: 云南教育出版社, 25.7 万字
- 1.8 薛达元. 1997. 生物多样性经济价值评估: 长白山自然保护区案例研究. 北京: 中国环境科学出版社, 28.0 万字
- 1.9 汪松、马敬能(主编). 国际环境合作与可持续发展: 保护中国的生物多样性. 北京: 中国环境科学出版社, 28 万字
- 1.10 Richard B. Primack. 1993. 祁承经等译. 1996. 保护生物学概论. 长沙: 湖南科学技术出版社, 53.8 万字
- 1.11 中国科学院生物多样性委员会. 1997. 生物多样性译丛(三). 北京: 科学出版社, 41 万字
- 1.12 Lyle Glowka 等, 1994, 中华人民共和国濒危物种科学委员会. 中国科学院生物多样性委员会译. 1997. 生物多样性指南. 北京: 科学出版社, 25.3 万字

## 2 非正式出版物

- 2.1 陈旭东. 1996. 博士学位论文: 鄂尔多斯高原生物多样性研究. 北京: 中国科学院植物研究所, 121 页
- 2.2 高贤明. 1996. 博士学位论文: 中国暖温带森林群落多样性若干问题的研究. 北京: 中国科学院植物研究所, 137 页
- 2.3 国家环境保护局等. 1996. 中国生物多样性国别研究报告. 北京: 国家环境保护局, 291 页
- 2.4 马娟. 1997. 博士学位论文: 中国森林群落植物物种多样性空间分布和变化特征研究. 北京: 中国林业科学研究院, 115 页
- 2.5 高贤明、马克平等(编辑). 1996. 生物多样性与人类未来: 第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文摘要汇编. 北京: 中国科学院生物多样性委员会、林业部野生动物和森林植物保护司、国家环保局自然保护司、中国农业科学院、国家教育委员会科技司, 106 页
- 2.6 乌云娜. 1996. 博士学位论文: 草原生物多样性时空格局研究. 呼和浩特: 内蒙古大学, 99 页
- 2.7 郭中伟. 1997. 博士学位论文: 神农架地区生物多样性经济价值的评估和兴山县移民安置



S0015501

· 464 ·

## 生物多样性与人类的未来

- 区内生态系统的恢复.北京:中国科学院动物研究所,203页
- 2.8 王长永等.1997.生物多样性信息国家机构调查报告—中国生物多样性数据管理与信息网络能力建设.BDM项目研究报告之一,179页
- 2.9 薛达元、王长永等.1997.国家生物多样性数据管理计划—中国生物多样性数据管理与信息网络能力建设.BDM项目研究报告之二,40页
- 2.10 纪力强等.1997.中国生物多样性信息数据管理指南—中国生物多样性数据管理与信息网络能力建设.BDM项目研究报告之三,81页
- 2.11 马克平、纪力强、桑卫国等.1997.中国生物多样性信息资源编目—中国生物多样性数据管理与信息网络能力建设.BDM项目研究报告之四,258页
- 2.12 徐海根、贺苏宁、蒋明康.1997.中国生物多样性信息元数据库与全国自然保护区GIS系统的研究开发—中国生物多样性数据管理与信息网络能力建设.BDM项目研究报告之五,43页
- 2.13 张桂艳.1997.硕士学位论文:东灵山林下草本层结构与物种多样性动态研究.郑州:河南农业大学,55页

(马克平辑)

收到期	99.4.18.
来 源	赠送
书 价	80.00
单据号	

26911

58.18  
141

## 生物多样性与人类未来

1998年

借者	还期	借者	还
唐敏	2002年3月18日		
	11月01/5日		

58.181  
141

### 注 意

- 1 借书到期请即送还，
- 2 请勿在书上批改圈点，  
折角。
- 3 借去图书如有污损遗失  
等情形须照章赔偿。

26911

京卡 0701

ISBN 7-5038-2110-8

A standard linear barcode representing the ISBN number 7-5038-2110-8.

9 787503 821103 >

ISBN 7-5038-2110-8/Q-92

定价：80.00 元